جمهورية مصر العربية
وزارة التربية والتعليم
قطاع الكتب

علم الأحياء

للثانوية العامة

٢٠١٦ - ٢٠١٧

غير مصرح بتداول هذا الكتاب
خارج وزارة التربية والتعليم

جمهورية مصر العربية
وزارة التربية والتعليم
قطاع الكتب

علم الأحياء
للصف الثالث الثانوى

إعــــداد

أ. حسن السيد الهراس — أ.د.أمين عرفان دويدار
أ.د. عدلى كامل فرج — أ.د. عبدالله محمد إبراهيم
أ.أحمد محفوظ كامل — أ.د.محمد عبدالحميد شاهين
أ.عبدالمنعم عبدالحميد الطنانى — أ.على حسن عبدالله

مراجعة

أ.د.فاطمة محمد مظهر

أشراف علمى

مكتب تنمية مادة العلوم

إشراف تربوى وتعديل ومراجعة

مركز تطوير المناهج والمواد التعليم

٢٠١٦-٢٠١٧

غير مصرح بتداول هذا الكتاب خارج وزارة التربية والتعليم

لجنة إعداد الكتاب المطور

د. أحمد رياض السيد
أستاذ علم الحيوان

د. عبد المنعم أبو العطا
أستاذ علم النبات

أ. حسن السيد محرم
خبير بيولوجى

د. أمانى العوضى
خبير مركز تطوير المناهج

أ. شادية أحمد صديق
موجه عام سابق

مستشار العلوم
أ. يسرى فؤاد سويرس

طبعة ٢٠١٦-٢٠١٧م

تقديم

انطلاقا من النهضة التعليمية التى تمر بها مصر فى الوقت الحالى، والمحاولة الجادة والمخلصة لتطوير التعليم بجميع مراحله، وبخاصة تطوير نظام الثانوية العامة بهدف التخفيف عن كاهل ابنائنا وبناتنا، وبهدف التركيز على الكيف فى التعليم وليس على الكم والاهتمام بتنمية قدرات الفهم والتحليل والابتكار، بدلا من الحفظ والاستظهار..

فقد تفضل الأستاذ الدكتور/ وزير التربية والتعليم بإعطاء توجيهاته لتطوير كتاب الأحياء ليفى بتحقيق أهداف مادة الأحياء دون تكرار أو تزييد فى تفاصيل غير جوهرية.

وقد كلف الأستاذ الدكتور وزير التربية والتعليم بتشكيل فريق عمل من أساتذة الجامعات لإنجاز هذه المهمة، وذلك بالتنسيق والتعاون مع موجهى وخبراء من الوزارة ومن الميدان، وبمشاركة بعض مؤلفى الكتاب.

وهكذا يظهر كتاب الأحياء فى شكله المطور، والذى نتمنى أن يساعد الطلاب والطالبات على استيعاب محتواه، ويحقق لهم النجاح والتفوق.

وقد قام المركز الاستكشافى للعلوم بالتجهيزات الفنية والإخراج الفنى لهذا الكتاب طبقاً للمواصفات العالمية للكتب الدراسية المطورة. مع مراعاة ألا يزيد عدد الأسطر فى الصفحة الواحدة عن ٢٤ سطر لإراحة العين، والإكثار من الصور المعبرة عن المادة العلمية، واستخدام كود ألوان لتحديد المفاهيم الهامة والتطبيقات المختلفة والأمثلة المحلولة، والاهتمام بتصميم الغلاف كعامل جذب للطالب.

ونتمنى أن يحقق الكتاب بصورته الجديدة النجاح لأبنائنا..

والله ولى التوفيق
لجنة التطوير

محتوى الكتاب

	الموضوع	الصفحة
الباب الأول	■ التركيب والوظيفة فى الكائنات الحية	٥
	الفصل الأول: الدعامة والحركة	٥
	الفصل الثانى: التنسيق الهرمونى	٢٣
	الفصل الثالث: التكاثر	٣٩
	الفصل الرابع: المناعة	٧٧
الباب الثانى	■ البيولوجيا الجزيئية	١٠٣
	الفصل الأول: الحمض النووى DNA	١٠٣
	الفصل الثانى: الأحماض النووية وتخليق البروتين	١٢١

الباب الأول

التركيب والوظيفة فى الكائنات الحية

الفصل الأول

الدعامة والحركة فى الكائنات الحية

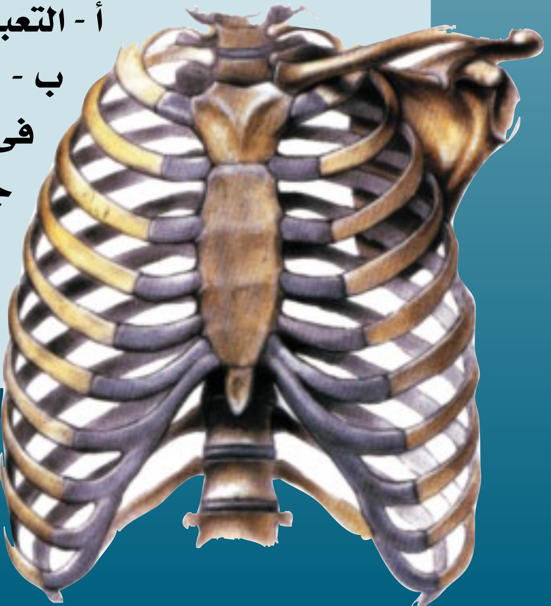
فى نهاية هذا الفصل ينبغى أن يكون الطالب قـادر على أن:

- يتعرف مفهوم الحركة فى الكائنات الحية .
- يتعرف مفهوم الدعامة فى الكائنات الحية.
- يفسر سبب التفاف المحاليق حول الدعامة .
- يفرق بين الشد فى المحاليق وفى جذور الكورمات والابصال .
- يذكر وظائف الجهاز العضلى فى الانسان .
- يتعرف تركيب العضلة.
- يفسر آلية الحركة .
- يوضح التآزر بين الأجهزة الثلاث «الهيكلى والعصبى والعضلى».
- يتعرف الوحدة الحركية التى تعتبر الوحدة الوظيفية للعضلة الهيكلية.
- يفسر سبب اجهاد العضلة .
- يكتسب مهارة :

أ - التعبير بالرسم مثل رسم الفقرة العظمية .

ب - الفحص المجهري لحركة السيتوبلازم فى خلايا ورقة نبات الالوديا.

جـ - الربط بين التركيب والوظيفة فى الهيكل العظمى والجهاز العضلى .



الدعامة فى النبات

يحتوى النبات على وسائل وأجهزة دعامية تدعمه وتحافظ على شكله وتقيه وقد تكون وسيلة هذه الدعامة فسيولوجية تتناول الخلية نفسها ككل أو تكون الوسيلة تركيبية بأن تترسب على جدر الخلية أو فى أجزاء منها مواد صلبة قوية كالسليلوز واللجنين. وقد تتجاوز ذلك لتشمل موقع انتشارها.

أ - الدعامة الفسيولوجية

إذا وضعت بعض ثمار الفاكهة المنكمشة أو الضامرة فى الماء فإنك تلاحظ بعد فترة أنها قد امتصت الماء وكبرت فى الحجم.

وبالعكس اذا أخذت بعض البذور الغضة كالبسلة أو الفول وتركتها مدة فانها لا تلبث أن تنكمش وتضمر ويزول انتفاخها نتيجة لفقد خلاياها للماء وبالتالى يزيل عنها انتفاخها وتوترها.

ويقال للخلية أنها قد انتفخت إذا دخل فيها الماء بالخاصية الأسموزية ليصل إلى فجوتها العصارية . فيزيد حجمه وبالتالى يزيد ضغطه. فيضغط على البروتوبلازم ويدفعه للخارج نحو الجدار. الذى يتمدد نتيجة لزيادة الضغط عليه . وكذلك ذبول سوق وأوراق النباتات العشبية عندما تعانى من جفاف التربة فترتخى. فإذا ما رويت التربة استعادت استقامتها نتيجة لانتفاخ خلايا أنسجتها الداخلية.

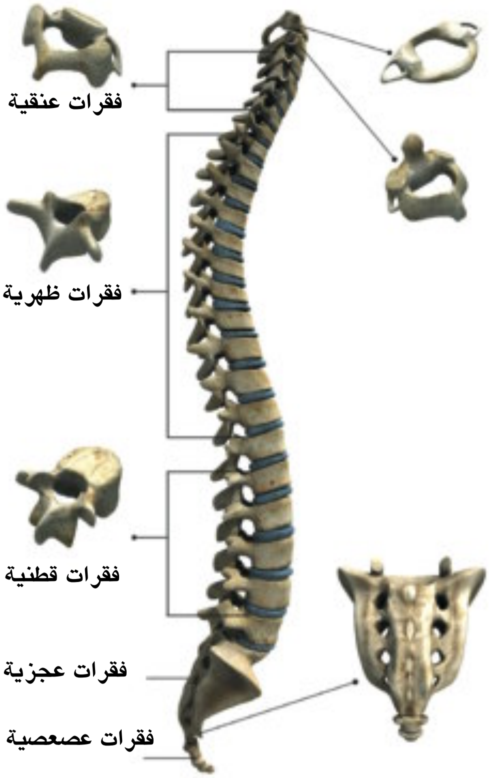
ب- الدعامة التركيبية :

يلجأ النبات إلى وسائل أخرى كثيرة لدعمه منها أن يرسب بعض المواد فى جدر خلاياه فلكى تتحمل خلايا النباتات الخارجية مسئولية الحفاظ على أنسجة النبات الداخلية والحيلولة دون فقد الماء من خلالها فإنه قد يزيد من سمك جدر خلايا البشرة وبخاصة الخارجية منها أو يرسب عليها مادة الكيوتين غير المنفذة للماء أو يحيط النبات نفسه بطبقة من خلايا فلينية غير منفذة للماء مرسب فيها مادة السيوبرين . و قد يرسب فى جدر خلاياه أو فى أجزاء منها مادة السليلوز أو اللجنين ليكسبها صلابة وقوة مثل الخلايا الكولنشيمية وكذلك الخلايا الاسكلرنشيمية مثل (الألياف والخلايا الحجرية) كما أن موقع هذه الخلايا وأماكن تواجدها وانتشارها يدعم النبات.

الجهاز الهيكلى فى الإنسان

يتكون الجهاز الهيكلى من الهيكل العظمى، الغضاريف والمفاصل والأربطة والأوتار

أولا : الهيكل العظمى يتكون من ٢٠٦ عظمة ولكل عظمة شكل وحجم يناسبان الوظيفة التى تقوم بها، ويتكون الهيكل العظمى من محور يعرف بالعمود الفقرى يتصل طرفه العلوى بالجمجمة. كما يتصل به فى منطقة الصدر القفص الصدرى والطرفان العلويان بواسطة عظام الكتف. أما الطرفان السفليان فيتصلان بالعمود الفقرى من أسفل بواسطة عظام الحوض، ويطلق على العمود الفقرى وعظام الجمجمة والقفص الصدرى «الهيكل المحورى» أما الأحزمة والأطراف الأربعة فيطلق عليها «الهيكل الطرفى».

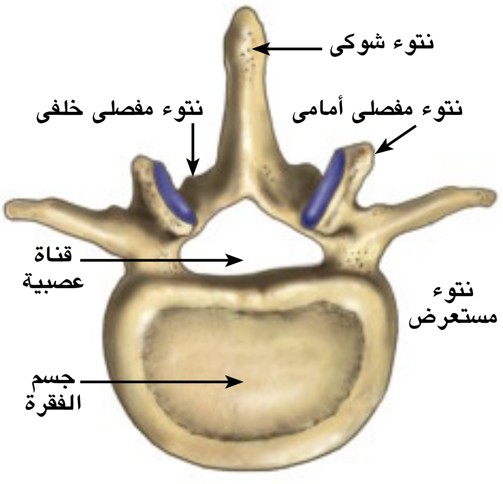


شكل (١) العمود الفقرى

(أ) الهيكل المحورى: يتكون من

(١) العمود الفقرى: يتكون من ٣٣ فقرة تقسم إلى خمس مجموعات وتختلف فى الشكل تبعا لمنطقة وجودها وهى عبارة عن ٧ فقرات عنقية متمفصلة (حجمها متوسط)، ١٢ فقرة ظهرية متمفصلة (أكبر حجما من سابقتها)، ٥ فقرات قطنية متمفصلة (أكبرها جميعا وتواجه تجويف البطن) ٥ فقرات عجزية (عريضة ومفلطحة وملتحمة معا)، ٤ فقرات عصعصية (صغيرة الحجم وملتحمة معا) (شكل١).

- يعمل العمود الفقارى كدعامة رئيسية للجسم وحماية الحبل الشوكى ويساعد فى حركة الرأس والنصف العلوى من الجسم.



شكل (٢) الفقرة العظمية

تركيب الفقرة العظمية

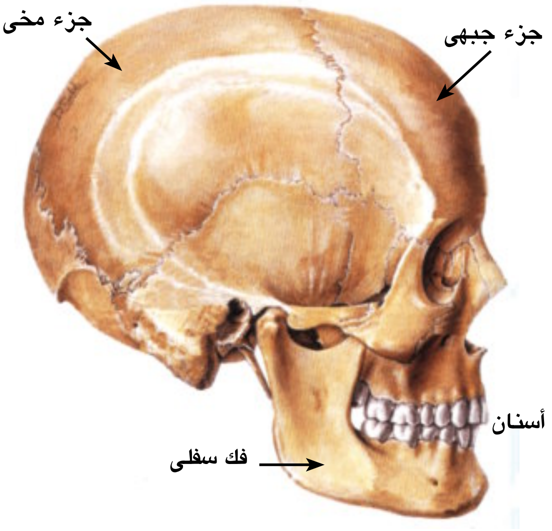
- تتكون الفقرة من جزء أمامى سميك «جسم الفقرة» يتصل به من الجانبين زائدتان عظميتان، «النتوءان المستعرضان» كما يتصل به من الخلف حلقة عظمية «الحلقة الشوكية» وتحمل زائدة

خلفية مائلة إلى أسفل تعرف (بالنتوء الشوكى) (شكل ٢).

- تحيط الحلقة العصبية بقناة عصبية يمتد بداخلها الحبل الشوكى لحمايته.

(٢) الجمجمة: علبة عظمية تتكون من:

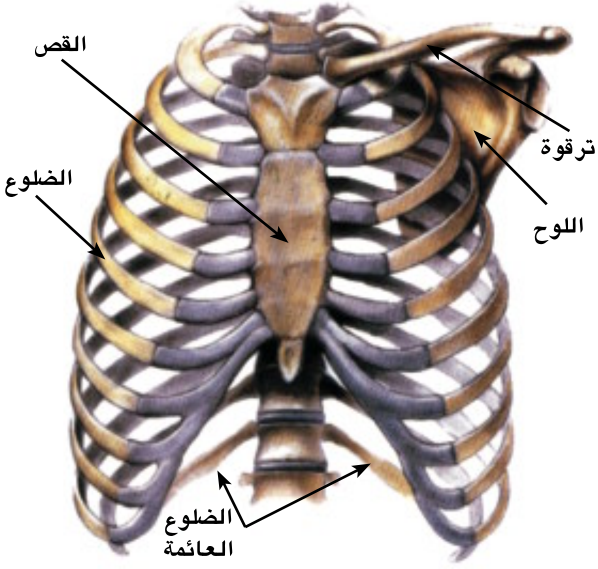
١- جزء خلفى (الجزء المخى) يتكون من ٨ عظام تتصل ببعضها عند أطرافها المسننة اتصالات متينة وتشكل هذه العظام تجويفاً يستقر فيه المخ لحمايته، ويوجد فى قاع الجزء المخى ثقب كبير يتصل من خلاله المخ بالحبل الشوكى (شكل ٣).



شكل (٣) الجمجمة

٢- جزء أمامى (الجزء الوجهى) ويشمل عظام الوجه والفكين ومواضع أعضاء الحس (الأذنان والعينان والأنف).

(٣) القفص الصدرى: علبة مخروطية الشكل تقريبًا تتصل من الخلف بالفقرات الظهرية (١٢ فقرة) ومن الأمام بالقص (عظمة مفلطحة ومدببة من أسفل وجزؤها السفلى غضروفى) ويتكون القفص الصدرى من اثنا عشر زوجا من «الضلوع» (شكل ٤). عشرة أزواج منها تصل بين الفقرات الظهرية وعظمة القص وزوجان قصيران لا يتصلان بالقص وهى تسمى «الضلوع العائمة» والضلع عظمة مقوسة تنحنى إلى أسفل وتتصل من الخلف بجسم الفقرة ونتوئها المستعرض. وتتحرك هذه الضلوع إلى الأمام والجانبين لتزيد من اتساع التجويف الصدرى أثناء الشهيق فى عملية التنفس وبالعكس أثناء الزفير، ويعمل القفص الصدرى على حماية القلب والرئتين.



شكل (٤) القفص الصدرى

(ب) الهيكل الطرفى: يتكون من

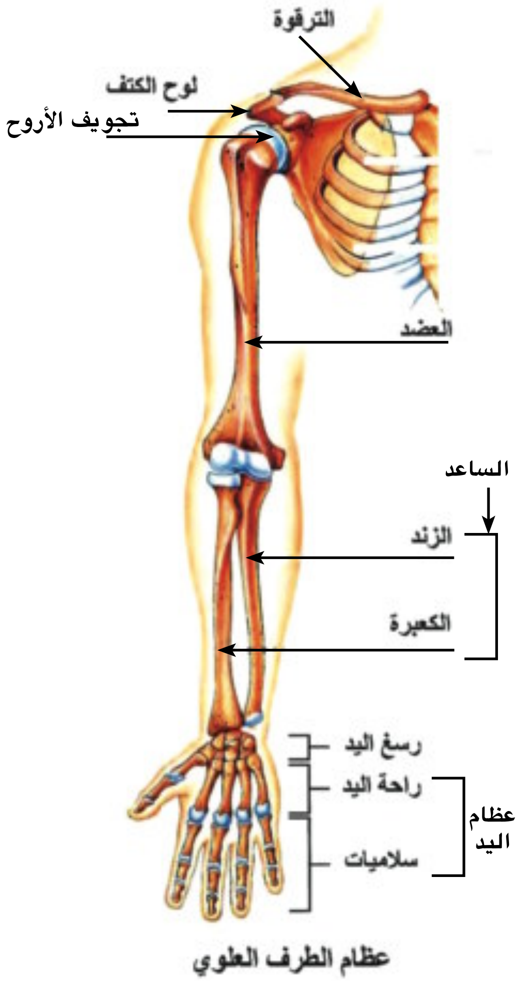
(١) الحزام الصدرى والطرفان العلويان:

يتركب الحزام الصدرى من نصفين متماثلين ويتركب كل نصف من لوح الكتف وهو عظمة ظهرية مثلثة الشكل طرفها الداخلى عريض والخارجى مدبب به نتوء تتصل به (الترقوة) وهى عظمة باطنية رفيعة.. ويوجد عند الطرف الخارجى لعظمة لوح الكتف التجويف الأروح الذى يستقر فيه رأس عظمة العضد مكوناً المفصل الكتفى.

يتكون الطرف العلوى من: العضد والساعد (الزند والكعبرة)

- وبالطرف العلوى للزند تجويف يستقر فيه النتوء الداخلى للعضد - والكعبرة أصغر حجما وتتحرك حركة نصف دائرية حول الزند الثابت.

أما الرسغ فيتكون من ٨ عظام فى صفين يتصل طرفها العلوى (بالطرف السفلى للكعبرة)، والطرف السفلى بعظام راحة اليد (شكل ٥) .

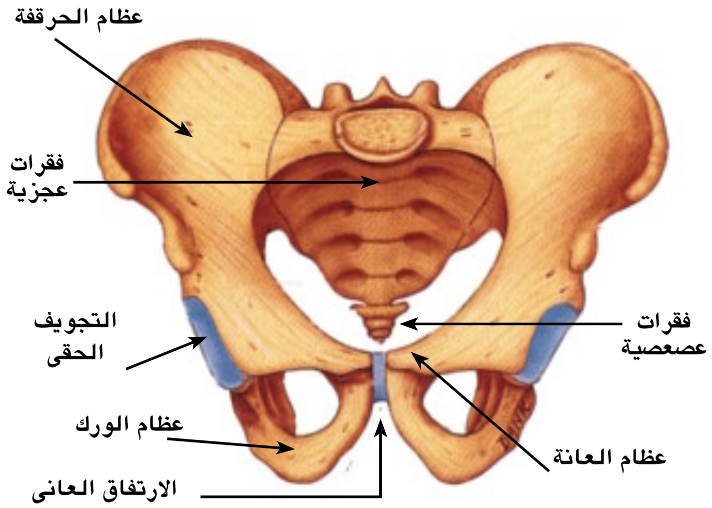


شكل (٥) الطرف العلوى

وعظام راحة اليد تتكون من ٥ أمشاط رفيعة مستطيلة تؤدى إلى عظام الأصابع الخمسة التى يتكون كل منها من ٣ سلاميات رفيعة عدا إصبع الإبهام فيتكون من سلاميتين فقط .

(٢) الحزام الحوضى والطرفان السفليان:

تتكون عظام الحوض (شكل ٦) من نصفين متماثلين يلتحمان فى الناحية الباطنية فى منطقة تسمى



شكل (٦) عظام الحوض

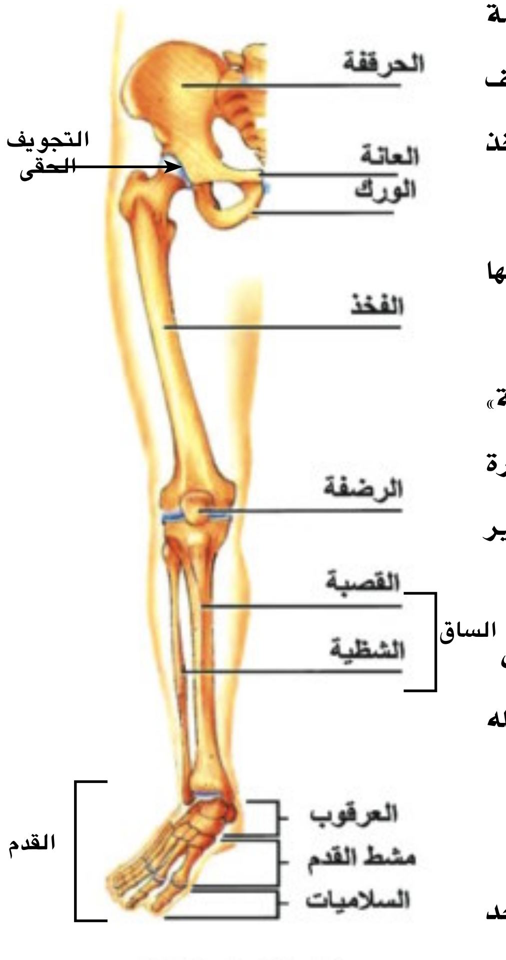
بالارتفاق العانى ويتكون كل نصف منهما من عظمة الحرقفة الظهرية التى تتصل من الناحية الأمامية

الباطنية بعظمة العانة، ومن الناحية الخلفية الباطنية بعظمة الورك وعند موضع اتصال الحرقفه بالورك يوجد تجويف عميق يسمى «التجويف الحقى» يستقر فيه رأس عظمة الفخذ ليكون مفصل الفخذ.

يتكون الطرف السفلى من عظمة الفخذ والتى يوجد بأسفلها نتوءان كبيران يتصلان بالساق عند «المفصل الركبى».

والساق تتكون من عظمتين إحداهما داخلية «القصبة» والثانية خارجية «الشظية» - وأمام مفصل الركبة عظمة صغيرة مستديرة تسمى «الرضفة».والعرقوب يتكون من ٧ عظام غير منتظمة الشكل أكبرها هى الخلفية التى تكون كعب القدم.

-و عظام القدم يتكون من ٥ أمشاط رفيعة وطويلة وينتهى كل منها بالأصبع الذى يتكون من ٣ سلاميات رفيعة عدا الإبهام فله سلاميتان فقط (شكل ٧).



شكل (٧) الطرف السفلى

ثانياً : الغضاريف :

نوع من الأنسجة الضامة ، تتكون من خلايا غضروفية وتوجد غالبا عند أطراف العظام وخاصة عند المفاصل وبين فقرات العمود الفقاري ، وذلك لحماية العظام من التأكل نتيجة احتكاكها المستمر، وتشكل الغضاريف بعض أجزاء الجسم مثل الأذن والأنف والشعب الهوائية للرئتين، ولا تحتوى الغضاريف على أوعية دموية ، لذا تحصل على الغذاء والأكسجين من خلايا العظام بالإنتشار

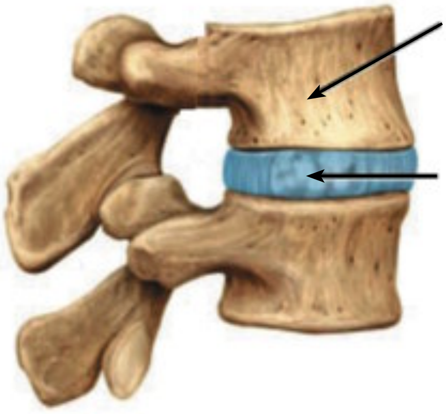
ثالثاً : المفاصل:

يوجد في الهيكل العظمى ثلاثة أنواع من المفاصل هى المفاصل الليفية والمفاصل الغضروفية والمفاصل الزلالية

١- **المفاصل الليفية :** تلتحم العظام عند هذه المفاصل بواسطة أنسجة ليفية ولا تسمح بالحركة ، ومع تقدم العمر يتحول النسيج الليفي الى نسيج عظمي ، وهذه المفاصل تربط عظام الجمجمة ببعضها من خلال أطرافها المسننة

٢- **المفاصل الغضروفية :** هى مفاصل تربط بين نهايات بعض العظام المتجاورة ، وهى تسمح بحركة محدودة جدا مثل المفاصل الغضروفية التى توجد بين فقرات العمود الفقاري (شكل ٨)

٣- المفاصل الزلالية : تشكل معظم مفاصل الجسم ، ويغطى سطح العظام المتلامسة في المفاصل بطبقة رقيقة من مادة غضروفية شفافة وملساء مما يسمح بحركة العظام بسهولة وبأقل احتكاك وهى من المفاصل المرنة التى تتحمل الصدمات وتحتوى هذه المفاصل على سائل مصلي أو زلالي تسهل من انزلاق الغضاريف التى تكسو أطراف العظام



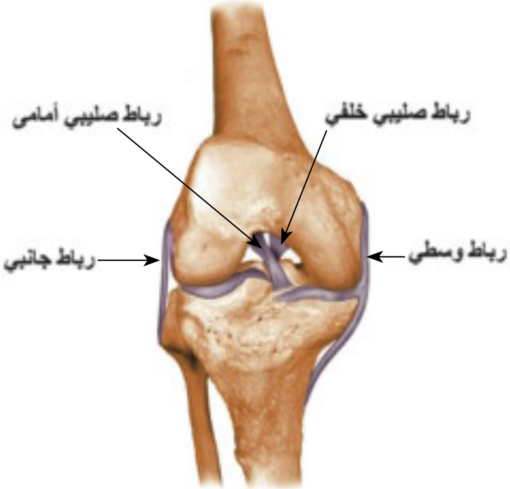
شكل (٨) المفاصل الغضروفية

من أمثلة المفاصل الزلالية :

- مفصل الكوع ومفصل الركبة وهى من المفاصل محدودة الحركة لأنها تسمح بحركة أحد العظام في اتجاه واحد فقط
- مفصل الكتف ومفصل الورك وهي من المفاصل واسعة الحركة التى تسمح بحركة العظام في اتجاهات مختلفة

رابعا : الأربطة :

عباره عن حزم منفصلة من النسيج الضام الليفي ، تثبت أطرافها على عظمتى المفصل ، حيث تعمل على ربط العظام ببعضها عند المفاصل وتحديد حركة المفاصل فى الاتجاهات المختلفة ، وتتميز ألياف الأربطة بمتانتها القوية ووجود درجة من المرونة تسمح بزيادة طولها قليلا حتى لا تنقطع في حالة تعرض المفصل لضغط خارجي ، ولكن في بعض الحالات قد يحدث تمزق للأربطة عند حدوث التواء في بعض المفاصل كما في الرباط الصليبي فى مفصل الركبة

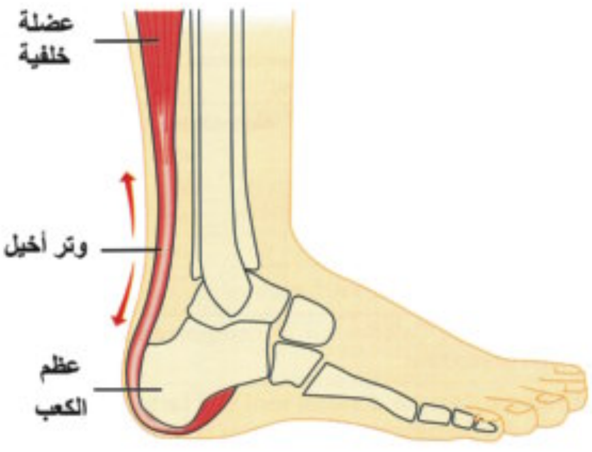


شكل (٩) الأربطة فى مفصل الركبة

خامسا : الأوتار :

عبارة عن نسيج ضام قوى يعمل على ربط العضلات بالعظام عند المفاصل ، بما يسمح للحركة عند انقباض وانبساط العضلات ، ومن أمثلة ذلك وتر أخيل الذي يصل العضلة التوأمية (عضلة بطن الساق)

بعظمة الكعب ، وفي بعض الأحيان يتمزق هذا الوتر بسبب مجهود عنيف أو تقلص العضلات المفاجئ ، وانعدام المرونة في العضلات ، ومن أعراض تمزق وتر أخيل هو عدم القدرة على المشى وثقل في حركة القدم والام حادة ، ويعالج بالأدوية المضادة للالتهابات والمسكنة للألام ، واستخدام جبيرة طبية ، أما التدخل الجراحي فلا يحدث إلا إذا كان تمزق الوتر كاملا .



شكل (١٠) وتر أخيل

الحركة فى الكائنات الحية

الحركة: ظاهرة تميز جميع الكائنات الحية، فحركته تنشأ ذاتيا نتيجة لإثارته فعندما يتعرض لإثارة ما فإنه يستجيب لها إيجابا أو سلبا، وفى كلتا الحالتين تكون الاستجابة حركة. والحركة فى الكائن الحى لها أنواع عديدة، فهناك حركة دائبة داخل كل خلية من خلايا الكائن الحى تسير نشاطاته الحيوية كالحركة السيتوبلازمية وهناك حركة موضعية لبعض أجزاء الكائن الحى كالحركة الدودية في امعاء الفقاريات وهناك حركة كلية يتحرك بها الكائن الحى من مكان إلى آخر بحثا عن الغذاء أو سعيا وراء الجنس الأخر أو تلافيا لخطر فى بيئته.

وتؤدى حركة الحيوان وتنقله من مكان إلى أخر لزيادة انتشاره، وكلما كانت وسائل الحركة فى الحيوان قوية وسريعة كلما اتسعت دائرة انتشاره.

ولايمكن لهذا الحيوان أن يحتفظ بتوازنه ولا أن يتحرك دون أن يكون له مرتكز صلب يتصل به العضلات، وقد تكون مثل هذه الدعامة خارجية كما فى المفصليات أو داخلية كما فى الفقاريات فتسمى هيكل الحيوان، وقد يكون الهيكل الداخلى غضروفيا كما فى الأسماك الغضروفية أو عظميا كما فى الأسماك العظمية. وكيفما كان الهيكل فإنه يتكون من قطع تتصل ببعضها اتصالا مفصليا يتيح الحركة.

أولاً: الحركة فى النبات Locomotion in plant

تتأثر أوراق بعض النباتات باللمس فتتحرك استجابة لهذا المثير، فعند لمس وريقة نبات المستحية فإنها تتدلى كما لو كان أصابها الذبول، وتعرف هذه الحركة بالحركة عن طريق اللمس.

شكل (١١) حركة المحاليق

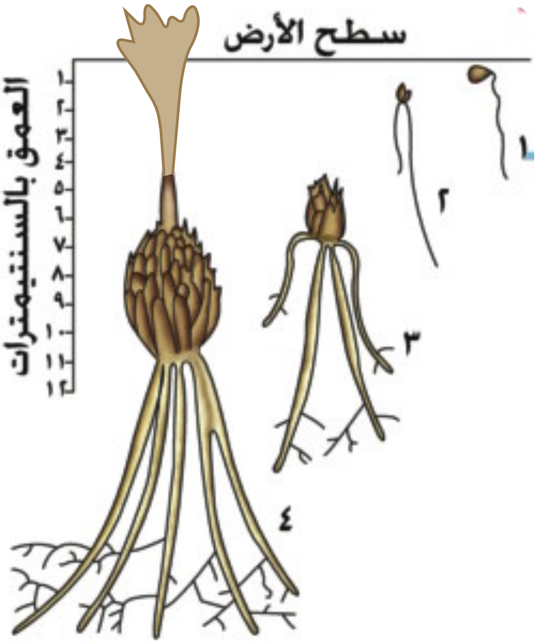
كما أن نفس النبات وبعض البقوليات تتقارب وريقاتها إذا ما أقبل الليل وبتوالى النور والظلام تنشأ فى الوريقات حركة انبساط وحركة تقارب أى حركة يقظة ونوم ولهذا تسمى هذه بحركة النوم.

كما أن جميع النباتات تتميز بحركة انتحاء وهى استجابات مختلف أجزاء النبات بتأثير الضوء والرطوبة والجاذبية.

ونضيف إلى ما سبق دراسته فى الإحساس. الحركة عن طريق الشد، وحركة السيتوبلازم داخل الخلية.

حركة الشد:

تبدأ حركة الشد فى محاليق النباتات المتسلقة كالبازلاء وفى جذور الكورمات والأبصال. ويبدأ الحالق عمله بأن يدور فى الهواء حتى يلمس جسما صلبا، وبمجرد اللمس يلتف حول هذا الجسم الصلب ويوثق التصاقه به، ثم يتموج ما بقى من أجزاء الحالق فى حركة لولبية فينقص طوله وبذلك يقترب الساق نحو الدعامة أى يشدها إلى الدعامة فيستقيم الساق رأسيا، وبعد ذلك يتغلظ الحالق بما يتكون فيه من أنسجة دعامية فيقوى ويشتد، أما إذا لم يجد الحالق فى حركته الدورانية ما يلتصق به فإنه يذبل ويموت.



شكل (١٢) حركة الشد فى الجذور لأبصال النرجس

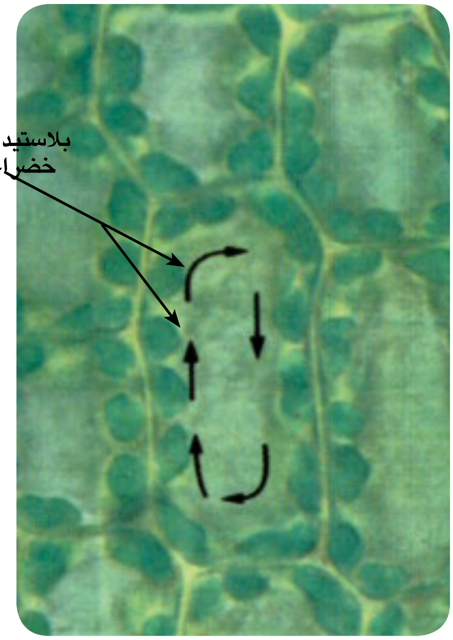
ويلاحظ أن سبب حركة المحلاق حول الدعامة هو بطء نمو المنطقة التى تلامس الدعامة على حين يسرع نمو المنطقة التى لا تلامسه فتستطيل مما يؤدى إلى التفاف الحالق حول الدعامة (شكل ١١).

أما فى الكورمات والأبصال فتوجد الجذور الشادة

أسفلها، ولذلك تستطيع بتقلصها أن تشد النبات إلى أسفل فتهبط بالكورمة والبصلة إلى المستوى الطبيعي الملائم. وبفضل هذه الجذور تظل الساق الأرضية المختزنة دائما على بعد ملائم عن سطح الأرض يزيد من تدعيمها وتأمين أجزائها الهوائية ضد الرياح (شكل ١٢).

الحركة الدورانية السيتوبلازمية:

من أهم خصائص السيتوبلازم الحى أنه يتحرك فى دوران مستمر داخل الخلية، ويتضح لنا ذلك جليا إذا فحصنا خلية ورقة إيلوديا (شكل١٣)، وهو نبات مائى تحت القوة الكبيرة للمجهر حيث يلاحظ أن السيتوبلازم يبطن الجدار من الداخل بطبقة رقيقة وينساب فى حركة دورانية داخل الخلية فى اتجاه واحد. ويستدل على الحركة بدوران البلاستيدات الخضراء المنغمسة فى السيتوبلازم، محمولة فى تياره.



شكل (١٣) الحركة الدورانية للسيتوبلازم

ثانيا: الحركة فى الإنسان

ولما كان الإنسان أرقى الكائنات الحية فسنتناول بالدراسة فيما يلى الحركة فى الإنسان كمثال للثدييات، ولو أنك تأملت حركة يديك وأنت تقلب صفحات الكتاب أو حركة قدميك وأنت فى طريقك إلى المدرسة لوجدت أنك تعتمد فى الحركة على ثلاثة أجهزة هى الجهاز الهيكلى الذى يكون الدعامة للأطراف المتحركة، والجهاز العضلى إذ أن انقباض وانبساط بعض العضلات تحدث حركة الأطراف والجهاز العصبى الذى يعطى الأوامر للعضلات لكى تقوم بعملية الانقباض والانبساط.

الجهاز العضلى Muscular System

الجهاز العضلى عبارة عن مجموع عضلات الجسم التى بواسطتها يمكن تحريك أجزاء الجسم المختلفة. ويتركب الجهاز العضلى من وحدات تركيبية تسمى العضلات Muscles ، وهى عبارة عن مجموعة من الأنسجة العضلية والتى سبق دراستها فى مقرر الأحياء بالسنة الأولى - وهذه العضلات تمكن الإنسان من القيام بحركاته الميكانيكية والتنقل من مكان لآخر وهى عادة ما تعرف (باللحم). و عدد عضلات الجسم يمكن تقديرها بحوالى ٦٢٠ عضلة أو اكثر.

مطابع روز اليوسف

وظائف العضلات:

تتميز العضلات بأنها خيطية الشكل بوجه عام، ولها القدرة على الانقباض والانبساط، والانقباض العضلى ضرورى لتأدية النشاطات والوظائف التالية :-

أ- الحركة وتشمل تغيير وضع عضو معين من الجسم بالنسبة لبقية الجسم.

ب- الانتقال من مكان إلى مكان آخر.

جـ- استمرار تحرك الدم فى الأوعية الدموية والمحافظة على ضغط الدم داخل هذه الأوعية الدموية عن طريق انقباض العضلات الملساء (اللاإرادية) الموجودة فى جدرانها.

د- المحافظة على وضع الجسم سواء فى الجلوس أو الوقوف وذلك بفضل عضلات الرقبة والجذع والأطراف السفلية.

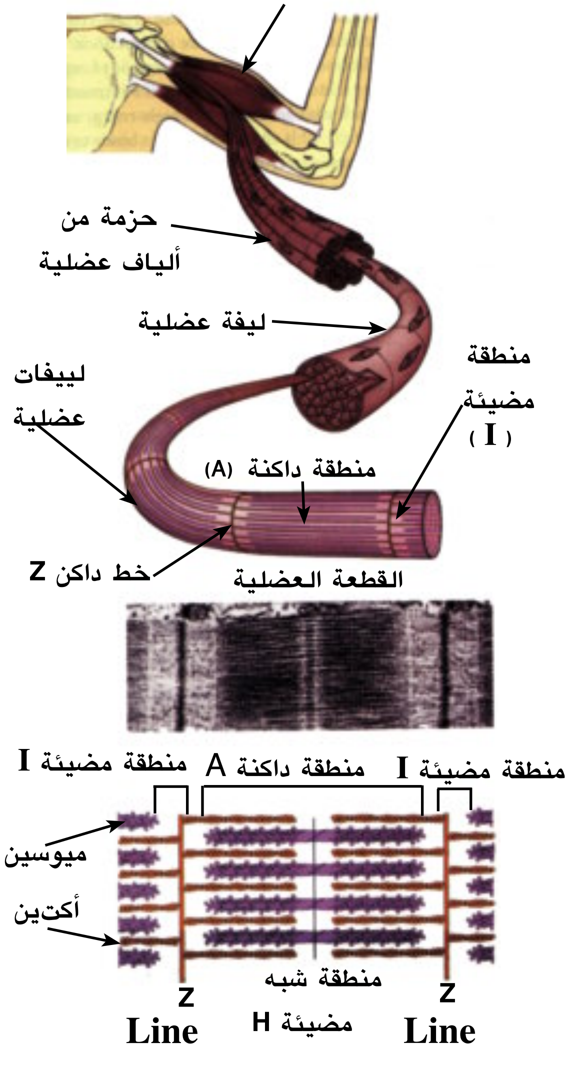
تركيب العضلة الهيكلية:

كما سبق ودرست فإن العضلة الهيكلية تتركب من عدد كبير من خيوط رفيعة متماسكة مع بعضها تسمى الألياف (الخلايا) العضلية Muscle Fibers ، وكل ليفة (خلية) عضلية تحتوى على مجموعة من لييفات عضلية Myofibrils يتراوح عددها ما بين ألف إلى ألفين لييفة مرتبة طوليا وموازية للمحور الطولى للعضلة وتحتوى الليفة العضلية على عدد كبير من الأنوية. وتتكون من:

أ- المادة الحية (البروتوبلازم) والسيتوبلازم فى العضلات يعرف بالساركوبلازم Sarcoplasm

ب - غشاء خلوى يحيط بالساركوبلازم يعرف بالساركوليما Sarcolemma

جـ- الألياف العضلية دائما توجد فى مجموعات تعرف بالحزم العضلية تحاط بغشاء يعرف بغشاء الحزمة.



شكل (١٤) تركيب العضلات الهيكلية

د- كل لييفة عضلية تتكون من :

١- مجموعة من الأقراص (المناطق المضيئة) يرمز لها بالرمز (I)، يقطعها فى منتصفها خط داكن يرمز له بالرمز (Z) وتتكون هذه الأقراص المضيئة من خيوط بروتينية رفيعة تسمى أكتين Actin.

٢- مجموعة من الأقراص (المناطق) الداكنة يرمز لها بالرمز (A) وفى منتصف كل منطقة توجد منطقة شبه مضيئة يرمز لها بالرمز (H) وتتكون هذه المناطق شبه المضيئة من نوع آخر من الخيوط البروتينية السميكة ويعرف بالميوسين Myosin (شكل ١٤)

٣- المسافة بين كل خطين متتالين (Z) الموجودة فى منتصف المناطق المضيئة تعرف بالقطعة العضلية Sarcomere

- وتلاحظ أن المناطق الداكنة والمضيئة توجد فقط فى العضلات الهيكلية والعضلات القلبية ولهذا جاءت التسمية بالعضلات المخططة وغير موجودة فى العضلات الملساء ولذلك سميت بالعضلات غير المخططة.

الانقباض العضلى:

تمتاز العضلات بقدرتها على الانقباض والانبساط، ولذلك فهى المسئولة عن الحركات المختلفة للجسم.

ولكى يتم ذلك على أصول متناسقة لابد من تعاون ثلاثة أجهزة رئيسية هى:

أ - الجهاز الهيكلى (العظمى): هو يشكل مكان اتصال مناسب للعضلات من جهة ويعمل كدعامة للأطراف المتحركة من جهة أخرى ولذا فالمفاصل لها دور مهم فى حركة أجزاء الجسم المختلفة.

ب- الجهاز العصبى: هو الذى يعطى الأوامر (على شكل سيالات عصبية) للعضلات فيتم الاستجابة تبعا لذلك بالانقباض أو الانبساط.

جـ- الجهاز العضلى: هو المسئول عن الحركة وغالبية العضلات يسيطر عليها الجسم وتسمى بالعضلات الإرادية (الهيكلية أو المخططة) وتشمل معظم عضلات الجسم، وبعضها لا يستطيع الإنسان التحكم فيها تماما وتسمى لا إرادية كالعضلات الملساء وعضلة القلب.

وبناء على ما سبق لابد من الإجابة على الأسئلة التالية كيف تنقبض العضلة؟ وما تأثير السيالات العصبية على العضلة وفسيولوجية إستجابتها للحفز العصبى؟ وكيف يتم التناسق والتآزر بين الأجزاء السابقة؟

كيفية انتقال السيال العصبى إلى العضلة الهيكلية:

١- فى العضلات الهيكلية الإرادية السطح الخارجى لغشاء الليفة العضلية مشحون بشحنة موجبة بينما يحمل الغشاء الليفى العضلى من الداخل شحنة سالبة. وينشأ عن ذلك فرق فى الجهد للفرق فى تركيز الأيونات بين خارج وداخل غشاء الليفة العضلية.

٢- المؤثر الذى يسبب انقباض العضلة الإرادية هو وصول السيالات العصبية عن طريق الخلايا العصبية الحركية الآتية من المخ والحبل الشوكى والتى تتصل نهاياتها العصبية اتصالا محكما بالليفة العضلية مكونة تشابك عصبى - عضلى Synapse.

٣- النهايات العصبية للخلايا العصبية تحتوى على حويصلات بها بعض المواد الكيميائية تعرف بالنواقل العصبية مثل الاستيل كولين Acetylcholine .

٤- عند وصول السيال العصبى إلى هذه الحويصلات تسبب خروج هذه النواقل العصبية وتقوم أيونات الكالسيوم بدور مهم فى خروج هذه النواقل ، والتى لا تلبث أن تسبح فى الفراغ الموجود بين النهايات العصبية وغشاء الليفة العضلية حتى تصل إلى سطح الليفة العضلية الإرادية وبالتالى تسبب تلاشى فرق الجهد على غشاء الليفة العضلية وانعكاسها، بمعنى أن السطح الداخلى لغشاء الليفة العضلية يصبح موجبا ويصبح السطح الخارجى لغشاء الليفة العضلية سالباً وذلك لزيادة نفاذية غشاء الخلية لأيونات الصوديوم فتدخل بسرعة إلى داخل غشاء الليفة العضلية، وعندئذ يوصف غشاء الليفة العضلية بحالة اللااستقطاب Depolarization وهذا يؤدى إلى انقباض العضلة.

٥- فرق الجهد على غشاء الليفة العضلية يعود إلى وضعه الطبيعى بعد جزء من الثانية وذلك بفعل عمل أنزيم الكولين استيريز (Cholinesterase) وهو أنزيم متوفر فى نقاط الاتصال العصبى العضلى - والذى يعمل على تحطيم مادة الاستيل كولين (يحوله إلى كولين وحامض خليك) وبالتإلى يبطل عمله وتعود نفاذية غشاء الليفة العضلية إلى وضعها الطبيعى فى حالة الراحة (قبل استقبال السيال العصبى) وتكون مهيأة للإستجابة للحفز مرة أخرى... وهكذا.

آلية انقباض العضلة : (نظرية الخيوط المنزلقة)

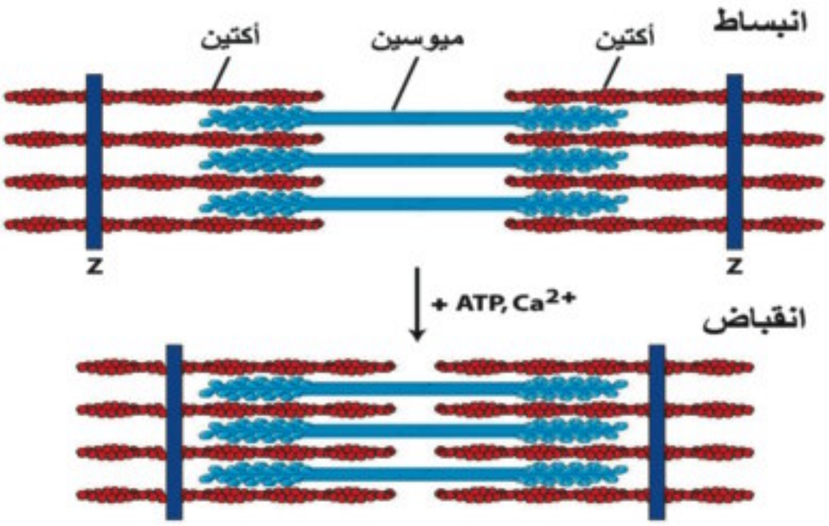
ظهرت عدة فروض لتفسير انقباض العضلات وتعتبر فرضية الخيوط المنزلقة أو (نظرية الانزلاق) التى اقترحها «هكسلى Huxely» اشهر هذه الفروض.

تعتمد هذه الفرضية على التركيب المجهرى الدقيق لألياف العضلات، إذ أن كل ليفة عضلية كما ذكرنا سابقا تتكون مجموعة لييفات وكل لييفة تتكون من نوعين من الخيوط البروتينية هما : الأولى خيوط رفيعة اكتينية Actin والثانية خيوط غليظة ميوسينية Myosin

بعد أن قارن هكسلى باستخدام المجهر الإلكترونى ليفة عضلية فى حالة انقباض بأخرى فى حالة الراحة استنتج أن الخيوط البروتينية المكونة للألياف العضلية تنزلق الواحدة فوق الأخرى مما تسبب انقباض أو تقلص العضلة عن طريق وجود روابط مستعرضة تم تكوينها بمساعدة أيونات الكالسيوم وتمتد هذه الروابط من خيوط الميوسين لكى تتصل بخيوط الاكتين، وبالتإلى فان الانقباض العضلى يحدث عندما

تعمل هذه الروابط المستعرضة كخطاطيف تسحب بمساعدة الطاقة المخزنة فى جزيئات ATP المجموعات المتجاورة من خيوط الاكتين باتجاه بعضها البعض فينتج عنه انقباض الليفة العضلية.

أثناء الانقبضا تتقارب خطوط (Z) من بعضها، وهكذا تنقبض العضلة، وعند زوال المنبه تبتعد الرواط المستعرضة عن خيوط الأكتين فتنبسط العضلة ويتباعد خطوط (Z) عن بعضه وتعود القطع العضلية إلى طولها الأساسى شكل (١٥).



شكل (١٥) الانقباض العضلى

تستهلك العضلة جزء من الطاقة المختزنة فى ATP فى فصل الروابط المستعرضة عن خيوط الأكتين، لذا عند تناقص ATP قد يؤدى ذلك إلى عدم انفصال الروابط المستعرضة عن خيوط الأكتين فتظل العضلة فى حالة انقباض وغير قادرة على الانبساط.

تحتاج عمليتى اتصال الروابط المستعرضة بخيوط الأكتين أثناء الانقباض وانفصالها عن خيوط الأكتين عن الانبساط إلى الطاقة المخزنة فى جزئات ATP.

ورغم وجود هذه النظرية التى تفسر انقباض العضلات الهيكلية (المخططة) إلا أنها لم تستطع أن تفسر آلية انقباض العضلات الملساء رغم وجود بعض التقارير العلمية التى تشير إلى أن الخيوط البروتينية فى ألياف العضلات الملساء تتكون من نوع يشبه إلى حد كبير الخيوط الأكتينية فى العضلات الهيكلية.

الوحدة الحركية : Motor Unit

لكى نتعرف على المظاهر الميكانيكية لعملية الانقباض العضلى لابد هنا أن نتعرف على الوحدة الحركية والتى تعتبر الوحدة الوظيفية للعضلة الهيكلية، لان انقباض العضلات ما هو إلا محصلة انقباض جميع الوحدات الحركية المؤلفة للعضلة.

وتتكون الوحدة الحركية (شكل ١٦) من مجموعة من الألياف العضلية والخلية العصبية التى تغذيها وعند دخول الليف العصبى الحركى إلى العضلة، يتفرع إلى عدد كبير من الفروع العصبية، وكل ليف عصبى حركى يغذى عددا من الألياف العضلية يتراوح ما بين (٥ - ١٠٠) ليف عضلى بواسطة تفرعاته النهائية التى يتصل الواحد منها بالصفائح النهائية الحركية Motor End Plate لليفة العضلية ويعرف مكان الاتصال هذا بالوصلة العصبية العضلية Neuromuscular Junction

شكل (١٦) الوحدة الحركية

إجهاد العضلة: Muscle Fatigue

انقباض العضلة بصورة متتالية وسريعة يسبب اجهادها وتعبها وذلك لان الدم لا يستطيع نقل الأكسجين بالسرعة الكافية ليوفر للعضلة احتياجاتها من التنفس وانتاج الطاقة. ولهذا تلجأ العضلة إلى تحويل مادة الجلايكوجين (نشا حيوانى) إلى جلوكوز الذى لا يلبث أن يتأكسد بطريقة التنفس اللاهوائى (لا يحتاج إلى أكسجين) لانتاج طاقة تعطى العضلة فرصة اكبر للعمل وينتج عن هذه العملية تراكم حامض معين يسمى حامض اللاكتيك Lactic Acid الذى يسبب تعب العضلة واجهادها، وتناقص جزيئات ATP فى العضلة يسبب عدم انفصال الروابط المستعرضة عن خيوط الأكتين فتظل مرتبطة بها وتظل العضلة فى حالة انقباض مستمر، وهذا ما يسبب حدوث الشد العضلى المؤلم.

عند الراحة تصل العضلة كمية كافية من الأكسجين فتقوم بالتنفس الهوائى وإنتاج كمية كبيرة من ATP تعمل على انفصال الروابط المستعرضة عن خيوط الأكتين وانبساط العضلة، وبالتالى تبدأ العضلة من جديد فى تتابع من الانقباضات والانبساطات.

يمكن أن يتسبب الشد العضلى الزائد عن الحد فى تمزق العضلات وحدوث نزف دموى، وقد يحدث الشد العضلى أيضا بسبب تداخل الاختلالات الناتجة عن وصول النبضات العصبية غير الصحيحة من المخ إلى العضلات مع الأداء الطبيعى لها.

أسئلة

س ١ اختر الاجابة الصحيحة مما يلى :

١ - تحدث الحركة فى الانسان بتآزر مجموعة من الاجهزة وهى :

أ- الجهاز العضلى والهيكلى والدورى .

ب - الجهاز التنفسى والعصبى والهيكلى .

جـ - الجهاز الهيكلى والعصبى والعضلى .

د - الجهاز الهيكلى والتنفسى والدورى .

٢- المخزون المباشر للطاقة فى العضلة هو :

أ- جزيئات ATP   ب - الجليكوجين   جـ - الجلوكوز   د - حمض اللاكتيك

٣- يرجع الاجهاد العضلى عند التعب إلى تراكم مركب كيمائي هو :

أ- ثانى اكسيد الكربون   ب - الكحول

جـ - حمص اللاكتيك   د - الاحماض الامينية

٤- الدعامة الفسيولوجية فى النبات تتمثل فى :

أ- تغلظ جدران الخلايا النباتية لمنع الماء من الخروج من النبات .

ب - انتفاخ الخلايا النباتية نتيجة امتلائها بالماء .

جـ - امتلاء الأوعية الناقلة بالمحاليل الغذائية .

د - ترسيب مادة السليلوز على جدران الخلايا .

س٢ علل لما يأتى :

١- التفاف المحلاق حول الدعامة .

٢- وجود الاحزمة عند اتصال اطراف الحيوان بهيكله المحورى.

٣- حدوث اجهاد للعضلة الهيكلية .

٤ - الدم فى حركة مستمرة داخل الاوعية الدموية

٥ - تعتبر فرضيه الخيوط المنزلقة اصح الفروض التى تفسر آليه الحركة .

٦ - يتوافر انزيم الكولين استيريز فى نقاط الاتصال العصبى - العضلى .

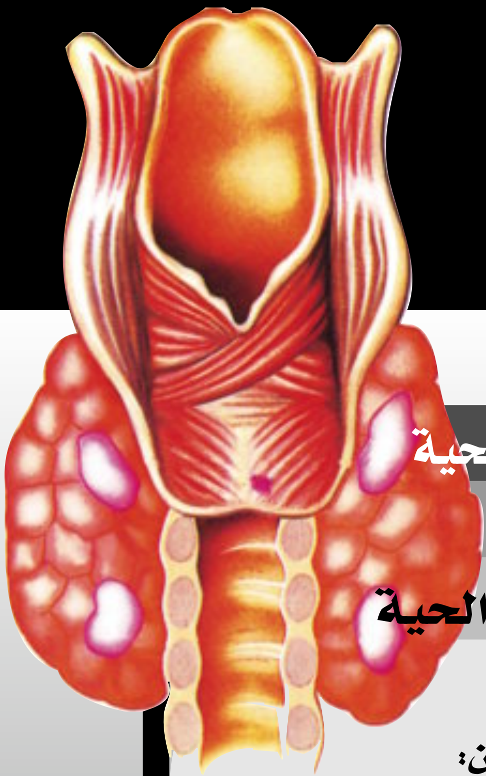
س٣ ارسم شكلا مبسطا لإحدي فقرات العمود الفقرى فى الانسان .

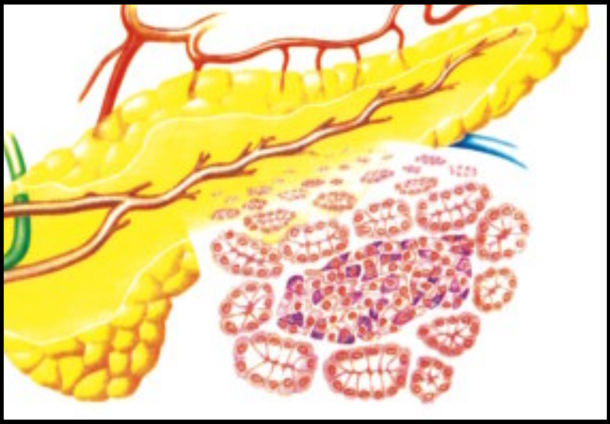
س٤ ماذا تعرف عن :

الرباط الصليبى - وتر أخيل - المفاصل الزلالية - العصعص - الحزام الحوضي - الحزام الصدرى - لوح الكتف - الحزم العضلية.

س٥ تعتبر الوحدة الحركية هى الوحدة الوظيفية للعضلة الهيكلية - وضح ذلك مع ذكر مكوناتها

س٦ « تحدث الحركة نتيجة تآزر أو تعاون اجهزة رئيسية فى جسم الإنسان هى الهيكلى والعصبى والعضلى " فسر ذلك .





التركيب والوظيفة فى الكائنات الحية

الفصل الثانى

التنسيق الهرمونى فى الكائنات الحية

فى نهاية هذا الفصل ينبغى أن يكون الطالب قـادرا على أن:

- يتعرف دور العلماء فى اكتشاف الهرمونات.
- يذكر أهمية الأوكسينات بالنسبة للنبات.
- يكتشف وظائف الهرمونات.
- يذكر أمثلة للغدد الصماء الموجودة فى الإنسان.
- يستنتج خصائص الهرمونات .
- يقارن بين الغدد الصماء (اللاقنوية) والغدد القنوية فى الإنسان .
- يتعرف دور الغدة النخامية .
- يستنتج أن الغدة النخامية هى رئيسة الغدد الصماء .
- يكتشف الغدة الدرقية (غدة النشاط).
- يوضح وظيفة الغدد الجار درقية.
- يكتشف الغدتان الكظريتان (غدد الانفعال).
- يتعرف دور البنكرياس كمنظم للسكر.
- يستنتج أن البنكرياس غدة مزدوجة قنوية ولا قنوية.
- يكتسب مهارات: الربط بين المرض وما يسببه (نقص وزيادة فى إفراز هرمون معين)
- يقدر عظمة الخالق فى كيفية التنسيق الهرمونى فى الكائنات الحية.

صفحة بيضاء

جهاز الغدد الصماء Endocrine System

جهاز الغدد الصماء هو الجزء الثانى من الأجهزة التى تتحكم فى وظائف الجسم مع الجهاز العصبى ولذلك فإن وظائف الجسم المختلفة تكون تحت سيطرة التحكم العصبى والهرمونى.

والغدد الصماء هى غدد لا قنوية، تفرز الهرمونات والتى تصب فى الدم مباشرة، ولابد من إفراز هذه الهرمونات بالكميات المطلوبة لكى تؤدى وظائفها على احسن وجه لأنه إذا زاد إفراز الهرمون أو نقص سيؤدى ذلك إلى اختلال فى الوظيفة مما قد يسبب أعراضا مرضية تختلف من هرمون إلى آخر.

الهرمونات : Hormones

يعرف الهرمون بأنه مادة كيميائية تتكون داخل الغدة وتنتقل عن طريق الدم إلى عضو آخر، الذى عادة ما يؤثر على وظيفته ونموه ومصدر تغذيته، ومعظم تأثيرات الهرمونات من النوع المحفز حيث تقوم بتنشيط أعضاء أو غدد أخرى.

اكتشاف الهرمونات الحيوانية:

١- كلود برنار Cloud Bernar

درس فى عام ١٨٥٥ وظائف الكبد واعتبر السكر المدخر فيه هو إفرازه الداخلى والصفراء إفراز خارجى.

٢- ستارلنج Starling

وجد فى عام ١٩٠٥ أن :

أ- البنكرياس يفرز عصارته الهاضمة فور وصول الغذاء من المعدة إلى الإثنى عشر حتى بعد قطع الاتصال العصبى بين البنكرياس وغيره من الأعضاء.

ب- استنتج أن هناك نوعا من التنبيه غير العصبى.

جـ- توصل إلى أن الغشاء المخاطى المبطن للأثنى عشر يفرز مواد تسرى فى تيار الدم حتى تصل إلى البنكرياس فتنبهه إلى إفراز عصارته الهاضمة.

د- سمى هذه الرسائل الكيميائية هرمونات (لفظ يونانى معناه المواد المنشطة).

٣- وبتوالى الدراسات واتساع ميدان البحث العلمى امكن التعرف على الغدد الصماء فى جسم الإنسان وعلى الهرمونات الخاصة بكل غدة.

الهرمونات فى النبات:

يعتبر بويسن جنسن (١٩١٣) أول من أشار إلى الهرمونات النباتية (الأوكسينات) واستطاع أن يفسر بها انتحاء الساق نحو الضوء، فقد أثبت ان منطقة الاستقبال وهى القمة النامية للساق، تفرز مادة كيميائية (أندول حمض الخليك) تنتقل منها إلى منطقة الاستجابة (منطقة الانحناء) وتسبب انحنائها.

والنبات ليس له غدد خاصة بل تفرز الهرمونات (الاوكسينات) من الخلايا الحية فى القمم النامية والبراعم - وتؤثر فى وظائف المناطق الأخرى.

أهمية الأوكسينات:

١- تنظيم تتابع نمو الأنسجة وتنوعها.

٢- تؤثر على النمو بالتنشيط أو التثبيط.

٣- تتحكم فى موعد تفتح الأزهار وتساقط الأوراق ونضج الثمار وتساقطها.

٤- تؤثر على العمليات الوظيفية فى جميع خلايا وأنسجة النبات.

٥- تمكن الإنسان التحكم فى إخضاع نمو النبات.

التنظيم الهرمونى فى الإنسان

يتم دراسة هذا التنظيم فى الإنسان كنموذج يمثل قمة التطور، وقد توصل العلماء إلى معرفة الكثير من وظائف الهرمونات عن طريق:

١- دراسة الأعراض التى تظهر على الإنسان أو الحيوان نتيجة تضخم غدة صماء أو استئصالها.

٢- دراسة التركيب الكيميائى لخلاصة الغدة والتعرف على أثرها فى العمليات الحيوية المختلفة.

خصائص الهرمونات:

١- الهرمونات هى مواد كيميائية عضوية بعضها يتكون من البروتين المعقد والبعض الآخر من مركبات بسيطة كالأحماض الأمينية أو إستيرويدات (مواد دهنية).

٢- تفرز بكميات قليلة تقدير بالميكروجرام (١ / ١٠٠٠ ملليجرام).

٣- للهرمونات أهمية كبيرة فى حياة الإنسان تتمثل فى أداء الوظائف التالية:

أ - اتزان الوضع الداخلى للجسم وتنظيمه.

ب - نمو الجسم. ج- النضوج الجنسى. د- التمثيل الغذائى.

هـ- سلوك الإنسان ونموه العاطفى والتفكيرى.

الغدد فى الإنسان:

يوجد فى جسم الإنسان ثلاثة أنواع من الغدد هى:

١- الغدد القنوية Exocrine Glands

تسمى ذات الإفراز الخارجى وتحتوى هذه الغدد على الجزء المفرز وقنوات خاصة بها تصب إفرازاتها أما داخل الجسم (الغدد اللعابية والهضمية) أو خارج الجسم (الغدد العرقية).

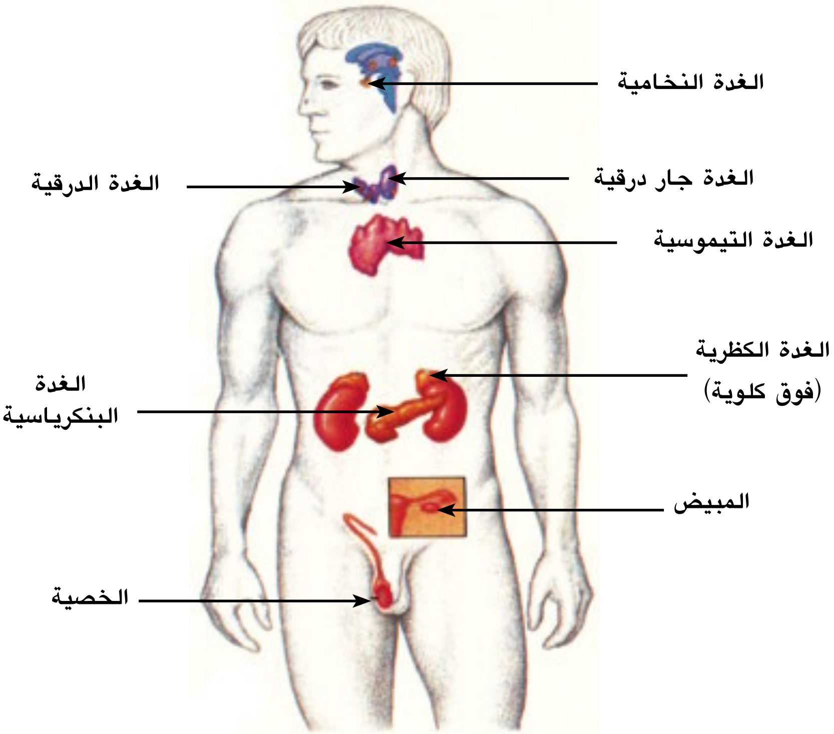
٢- الغدد الصماء Endocrine Glands

تسمى ذات الإفراز الداخلى، وتمتاز هذه الغدد بأن ليس لها قنوات خاصة بها، بل تصب إفرازاتها مباشرة فى الدم وهى مسئولة عن افراز الهرمونات مثل الغدة الدرقية والغدد الكظرية.

٣- الغدد المشتركة أو المختلطة Mixed Glands

تجمع هذه الغدد بين النوعين السابقين وعليه فإن تركيبها يتكون من جزء غدى قنوى وآخر عبارة عن غدة صماء أو لا قنوية كالبنكرياس.

يحتوى جسم الإنسان على مجموعة من الغدد الصماء موزعة فى أماكن متفرقة من الجسم (شكل١) ولكل غدة إفراز خاص بها يحوى هرمونا واحدا أو مجموعة هرمونات ومن أمثلة الغدد الصماء فى جسم الإنسان:



شكل (١) صورة لجسم الإنسان توضح توزيع الغدد

أولاً: الغدة النخامية Pituitary Gland

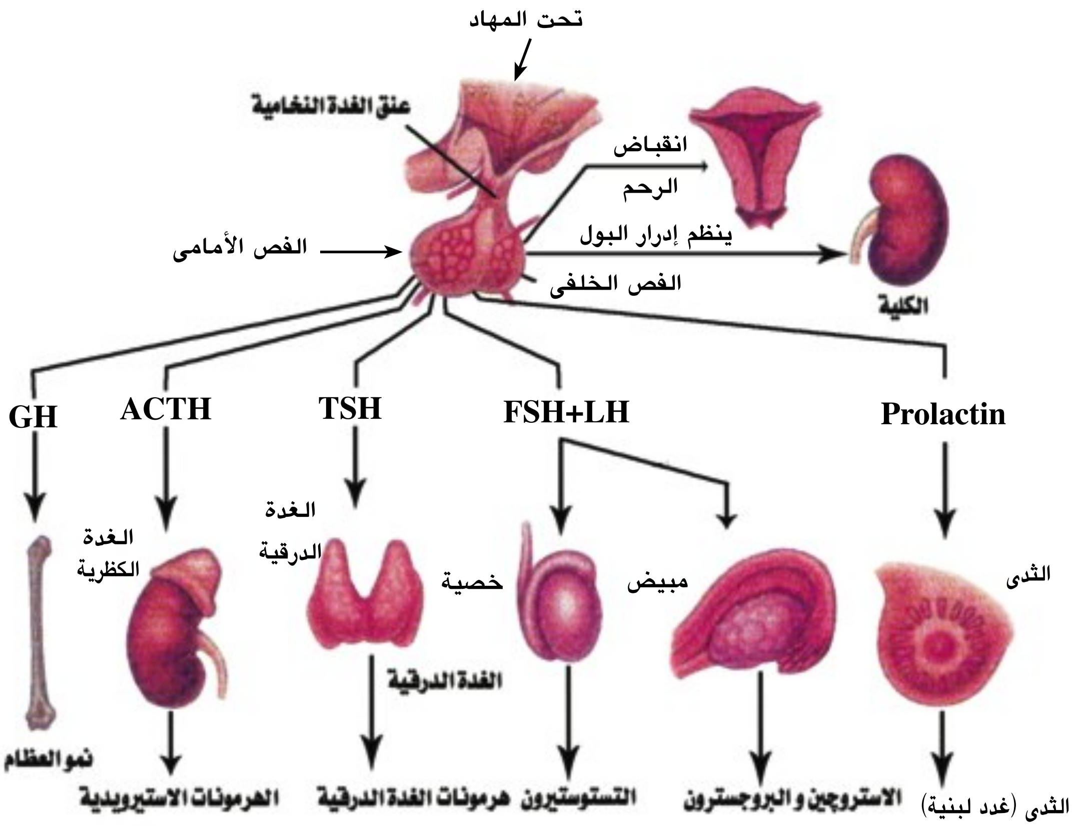
تعتبر الغدة النخامية سيدة الغدد أو المايسترو الذى يتحكم فى جهاز الغدد الصماء بأكمله عن طريق الهرمونات التى تفرزها وتؤثر فى إفراز معظم الغدد الصماء. وتقع هذه الغدة أسفل المخ وتتصل بتحت المهاد (الهيبوثالامس) وتتركب الغدة النخامية من جزئين:

أ- الجزء الغدى: Adrenohypophysis

ويتكون من الفص الأمامى والفص الوسطى.

ب- الجزء العصبى: Neurohypophysis

ويتكون من الفص الخلفى والجزء من المخ المعروف بالقمع أو العنق العصبية.



شكل (٢) هرمونات الغدة النخامية

هرمونات الجزء الغدى:

١- هرمون النمو: Growth Hormone (GH)

يتحكم فى عمليات الإيض وخاصة تصنيع البروتين وبذلك يتحكم فى نمو الجسم. والنقص فى إفراز الهرمون فى حالة الطفولة يسبب القزامة (Dwarfism) وزيادته تسبب العملقة (Gigantism). وفى البالغين تجديد نمو الأجزاء البعيدة فى العظام الطويلة كالأيدى والأقدام والأصابع وتضخم عظام الوجه وتعرف هذه بحالة الأكروميجالى Acromegaly

٢- الهرمونات المنبهة للغدد: Pituitary Trophin

وهى مجموعة من الهرمونات تؤثر على نشاط الغدد الأخرى وتشمل:

أ- الهرمون المنبه للغدة الدرقية : Thyrrotrophin Stimulting Hormone (TSH)

ب - الهرمون المنبه لقشرة الغدة الكظرية Adrenocorticotrophic Hormone (ACTH)

جـ- الهرمونات المنبه للمناسل: Gonadotrophic Hormones

وتشمل :

١ - الهرمون المنبه لتكوين الحويصلة

Follicle - Stimulating Hormone (F S H)

يعمل على نمو الحويصلات فى مبيض الأنثى وتحويلها إلى حويصلة جراف، وفى الذكر يساعد على تكوين الأنبيبات المنوية وتكوين الحيوانات المنوية فى الخصية.

٢- الهرمون المنبه للجسم الأصفر Luteinizing Hormone (LH):

يحفز تكوين الجسم الأصفر فى الأنثى وفى الذكور يعد هذا الهرمون مسئول عن تكوين وإفراز الخلايا البينية فى الخصية، وكلا الهرمونين هام جدا لاكتمال عملية التكوين الجنسى للفرد.

٣- الهرمون المنبه لإفراز اللبن : Prolactin

يعمل على إفراز اللبن من الغدد الثديية .

هرمونات الجزء العصبى:

هرمونات هذا الجزء تفرزها خلايا عصبية موجودة فى منطقة تحت المهاد بالمخ وتعرف بالخلايا العصبية المفرزة وتصل هذه الهرمونات إلى الفص الخلفى وتشمل الهرمونات التالية :

١- الهرمون المضاد لإدرار البول : Antidiuretic Hormone (ADH)

يسمى أيضاً الهرمون القابض للأوعية الدموية (Vasopression H.) ويعمل هذا الهرمون على تقليل كمية البول عن طريق إعادة امتصاص الماء فى النفرون، وكذلك يعمل على رفع ضغط الدم.

٢- الهرمون المنبه لعضلات الرحم : Oxytocin Hormone

لهذا الهرمون علاقة مباشرة فى عملية تنظيم تقلصات الرحم ويزيدها بشدة أثناء عملية الولادة من اجل إخراج الجنين ، ولهذا غالبا ما يستخدمه الأطباء للإسراع فى عمليات الولادة. كما انه له أثرا مشجعا فى اندفاع أو نزول الحليب من الغدد اللبنية استجابة لعملية الرضاعة.

ثانيًا: الغدة الدرقية Thyroid Gland

تقع هذه الغدة فى الجزء الأمامى من الرقبة ملاصقة للقصبة الهوائية وهى غدة حويصلية تميل إلى اللون الأحمر ومحاطة بغشاء من نسيج ضام وتتكون من فصين بينهما برزخ.

وظيفة الغدة الدرقية:

تنتج هذه الغدة هرمون الثيروكسين ولابد من وجود اليود لتكوين هذا الهرمون ويقوم هذا الهرمون بالعديد من المؤثرات على أجزاء عديدة فى الجسم منها على سبيل المثال:

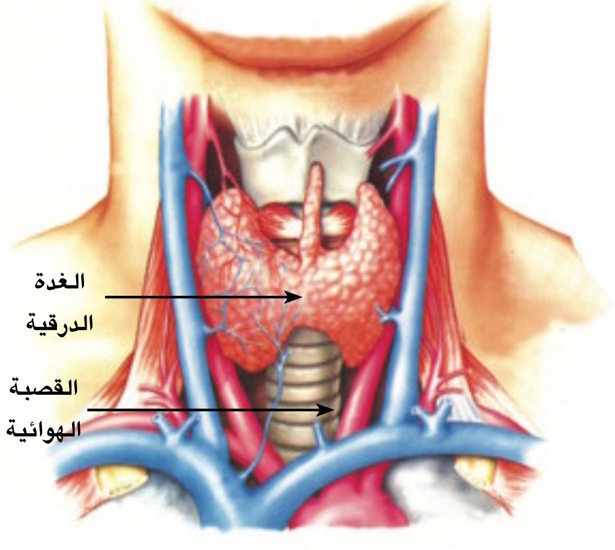
أ- نمو وتطور القوى العقلية والبدنية.

ب- يؤثر على معدل الإيض الأساسى ويتحكم فيه.

ج- يحفز امتصاص السكريات الاحادية من القناة الهضمية.

د- يحافظ على سلامة الجلد والشعر.

كما تفرز الغدة الدرقية هرمون الكالسيتونين (Calcitonin) الذى يعمل على تقليل نسبة الكالسيوم فى الدم ويمنع سحبة من العظام.



شكل (٣) الغدة الدرقية

أمراض الغدة الدرقية:

تنشأ بعض الحالات المرضية بسبب نقص أو زيادة فى أفراز الغدة الدرقية لهرمون الثيروكسين.

١ - نقص إفراز الغدة الدرقية Hypothyrodism

يؤدى ذلك إلى حدوث تضخم فى الغدة الدرقية ويسمى التضخم البسيط.

- التضخم البسيط : Simple Goiter

ينتج عن نقص الثيروكسين بسبب نقص اليود فى الغذاء والماء والهواء.. ويعالج بإضافة اليود إلى الملح والأغذية المختلفة.

وعدم العلاج من هذه الحالة يؤدى إلى حدوث مضاعفات هى:

أ- مرض القصر أو ما يعرف بالقماءة Cretinism

يحدث بسبب نقص حاد فى إفراز الغدة الدرقية فى مرحلة الطفولة.. ويؤثر ذلك على نمو الجسم والنضوج العقلى ويبدو الجسم قصير والرأس كبيرة والرقبة قصيرة، وكذلك يؤثر على النضوج العقلى للطفل وقد يسبب له تخلفا عقليا وتأخر فى النضوج الجنسى.

ب - مرض الميكسوديما (Myxodema)

يحدث بسبب نقص حاد فى إفراز الغدة الدرقية فى البالغين. ويتميز المرض بجفاف فى الجلد وتساقط الشعر وزيادة فى وزن الجسم لدرجة السمنة المفرطة وهبوط مستوى التمثيل الغذائى فلا يتحمل البرودة وتقل ضربات القلب ويتعب الشخص بسرعة.. ويعالج المرضى بهرمونات الغدة الدرقية أو مستخلصاتها تحت إشراف طبى متخصص.

٢- زيادة إفراز الغدة الدرقية: Hyper Thyroidism

يؤدى ذلك إلى حدوث تضخم فى الغدة الدرقية يسمى التضخم الجحوظى:

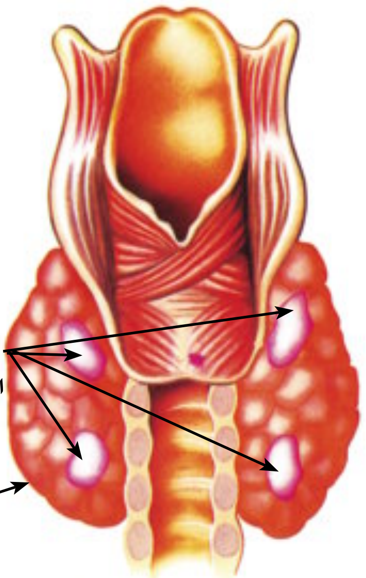
- التضخم الجحوظى: Exophthalmic Goiter

ينتج عن الأفراط فى إفراز هرمون الثيروكسين مما يسبب تضخما ملحوظا فى الغدة الدرقية وانتفاخ الجزء الأمامى من الرقبة مع جحوظ فى العينين وينتج عن ذلك زيادة فى أكسدة الغذاء ونقص فى وزن الجسم وزيادة فى ضربات القلب وتهيج عصبى، ويعالج باستئصال جزء من الغدة الدرقية أو باستخدام مركبات طبية أخرى.

شكل (٤) التضخم الجحوظى

ثالثاً: الغدد جارات الدرقية: Parathyroid Glands

هى غدة تتكون من أربع أجزاء منفصلة اثنتان على كل جانب من الغدة الدرقية. وتفرز هذه الغدة هرمون الباراثورمون Parathormone وكمية هذا الهرمون الذى يفرز يعتمد على نسبة الكالسيوم فى الدم حيث يكون الإفراز كثيرا مع هبوط نسبة الكالسيوم فى الدم، وهرمون الباراثورمون والكالسيتونين من الغدة الدرقية يلعبان دورا هاما فى الحفاظ على مستوى الكالسيوم فى الدم بمعدلاته الطبيعية.



شكل (٥) صورة توضح الغدد الجار درقية

الزيادة فى إفراز الهرمون تتسبب فى:

ارتفاع نسبة الكالسيوم فى الدم نتيجة سحبه من العظام فتصبح هشة وتتعرض للانحناء والكسر بسهولة.

نقص الهرمون يسبب:

أ- نقص نسبة الكالسيوم فى الدم.

ب - سرعة الانفعال والغضب والثورة لأقل سبب.

جـ- تشنجات عضلية مؤلمة.

رابعاً: الغدد الكظرية (فوق الكلوية)

Adrenal (Suprarenal Glands)

هناك غدتان كظريتان تقع كل منهما فوق أحد الكليتين وكل غدة تتكون من منطقتين متميزتين من الناحية التشريحية والفسيولوجية، الجزء الخارجى يسمى القشرة Cortex بينما يعرف الجزء الداخلى بالنخاع Medulla والهرمونات التى تفرزها القشرة تختلف عن الهرمونات التى يفرزها النخاع وهى كما يلى:

١- هرمونات القشرة :

تفرز قشرة الغدد الكظرية العديد من الهرمونات التى تعرف بمجموعة الستيرويدات Steroids ويمكن تقسيمها إلى ثلاث مجموعات هى :

أ- مجموعة الهرمونات السكرية : Glucocorticoids

تشمل هرمون الكورتيزون Cortison وهرمون الكورتيكوستيرون Corticosterone ووظيفة هذان الهرمونان هى تنظيم ايض المواد الكربوهيدراتية (السكريات - النشويات) بالجسم.

ب- مجموعة الهرمونات المعدنية: Mineralocorticoids

منها هرمون الالدوستيرون Aldosterone ، ويلعب هذا الهرمون دورا هاما فى الحفاظ على توازن المعادن بالجسم، علي سبيل المثال يساعد هذا الهرمون على إعادة امتصاص الأملاح مثل الصوديوم والتخلص من البوتاسيوم الزائد عن طريق الكليتين.

جـ- مجموعة الهرمونات الجنسية Sex Hormones

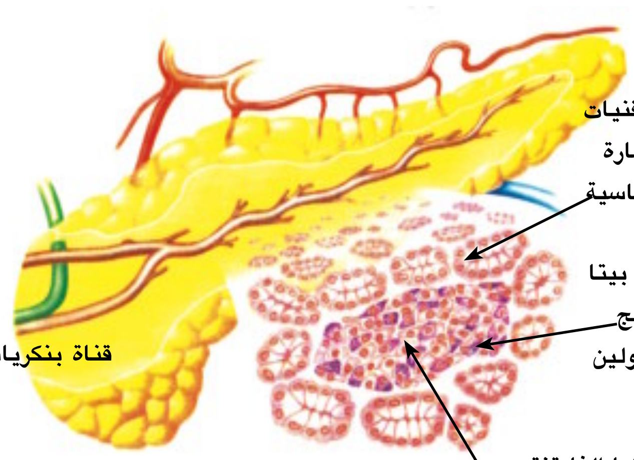
على الرغم من أن الهرمونات الجنسية تفرز وتنتج من الغدد الجنسية إلا انه وجد أن قشرة الكظرية لها دور فى افراز هرمونات لها نشاط مشابه للهرمونات الذكرية التستوستيرون Testosteron والهرمونات الأنثوية الإستروجين Estrogen والبروجسيترون Progesteron ولهذا إذا حدث خلل بين توازن هذه الهرمونات والهرمونات الجنسية المفرزة من الغدد المختصة، فإن ذلك يؤدى إلى ظهور صفات وعوارض الرجولة فى النساء وعوارض الأنوثة عند الرجال، وقد يؤدى ذلك إلى ضمور الغدد الجنسية فى كلا الجنسين إذا حدث تورمات فى قشرة الغدة.

٢- هرمونات النخاع:

يفرز النخاع هرمونين هما الإدرينالين Adrenaline وهرمون النورادرينالين Noradrenaline ويقوم هذان الهرمونان بعدة وظائف حيوية فى حالة الطوارئ التى يوضع فيها الجسم مثل الخوف والإثارة والقتال والهروب، فيعمل الهرمونان على زيادة نسبة السكر فى الدم من تحلل الجليكوجين المخزن فى الكبد إلى جلوكوز، وزيادة قوة وسرعة انقباض القلب ورفع ضغط الدم، وكل هذه التغيرات تساعد عضلات الجسم للحصول على الطاقة اللازمة للانقباض مع زيادة استهلاك الأكسجين ويظهر ذلك بوضوح أثناء تأدية التمرينات الرياضية.

خامساً: البنكرياس Pancreas

يعتبر البنكرياس من الغدد المشتركة التى تجمع بين الغدد ذات الإفراز الخارجى والغدد الصماء فهو يقوم بصب إنزيماته الهاضمة والتى تفرزها خلايا حويصلية فى الأثنى عشر عن طريق القناة البنكرياسية، كما يقوم بإفراز هرمونات فى الدم مباشرة وذلك من خلايا غدية صغيرة متخصصة تعرف بجزر لانجرهانز Islets of Langerhans (شكل٧) ويمكن تمييز نوعين من الخلايا فى هذه الجزر:



شكل (٧) البنكرياس وجزر لانجرهانز

أ - خلايا ألفا: Alpha Cells وعددها قليل وتفرز هرمون الجلوكاجون Glucagon.

ب - خلايا بيتا: Beta Cells وتمثل غالبية خلايا جزر لانجرهانز وتفرز هرمون الانسولين Insulin وكلا الهرمونين لهما علاقة مباشرة باستخدام السكر فى الجسم وبالتإلى المحافظة على مستوى ثابت من السكر فى الدم والتى تبلغ حوإلى (٨٠ - ١٢٠ ملليجرام/ ١٠٠سم٣).

وظيفة هرمون الأنسولين:

يعمل الأنسولين على خفض تركيز سكر الجلوكوز بالدم وذلك عن طريقين:

أ - الحث على أكسدة الجلوكوز فى خلايا وأنسجة الجسم المختلفة حيث انه ضرورى لمرور السكريات الأحادية (ماعدا الفركتوز) من خلال غشاء الخلية إلى داخلها حتى يمكن استخدامه.

ب- التحكم بالعلاقة بين الجليكوجين المخزن والجلوكوز المنفرد بالدم، فهو يشجع تحول الجلوكوز إلى جليكوجين أو إلى مواد دهنية تخزن فى الكبد والعضلات أو أنسجة الجسم الأخرى.

نقص إفراز هرمون الإنسولين يؤدى إلى الإصابة بمرض البول السكرى Diabetes Mellitus والذى يتميز بالخلل فى أيض كل من الجلوكوز والدهون بالجسم.

والمريض بمرض البول السكرى يعانى من ارتفاع نسبة الجلوكوز فى الدم عن المعدل الطبيعى ولذلك يظهر أيضاً فى تحاليل البول. ونتيجة لارتفاع نسبة الجلوكوز فى البول الذى يصاحبه إخراج كميات كبيرة من الماء، فإن المريض يعانى من ظواهر تعدد التبول والعطش.

وظيفة هرمون الجلوكاجون:

يعمل على عكس هرمون الإنسولين وذلك برفع تركيز الجلوكوز فى الدم وذلك عن طريق تحويل الجليكوجين المخزن بالكبد فقط إلى جلوكوز.

سادساً: الغدد التناسلية (المناسل) Sex Glands (Gonads)

تفرز المناسل (الخصية – المبيض) بالإضافة إلى وظيفتها الأساسية فى تكوين الجاميتات الذكرية (حيوانات منوية) والأنثوية (البويضات) مجموعة من الهرمونات الجنسية والمسئولة عن نمو الأعضاء التناسلية وظهور الصفات الجنسية.

١- الهرمونات الجنسية الذكرية : Male Sex Hormones

تعرف أ يضاً بالإندروجينات Androgens وتفرزها الخلايا البينية فى الخصية وتشمل هرمونان:

التستوستيرون Testosterone - الاندروستيرون Androsterone

وهما مسئولان عن نمو البروستاتا والحويصلات المنوية وظهور الصفات الجنسية الثانوية في الذكر.

٢- الهرمونات الجنسية الأنثوية Female Sex Hormones

وتعرف أيضاً بالاستروجينات Oestrogenes ، ويفرزها المبيض وهى:

أ - هرمون الاستروجين Oestrogen ويعرف أيضاً بالاستراديول Oestradiol ويفرز من حويصلات جراف فى المبيض، ويعمل على ظهور الخصائص الجنسية فى الأنثى مثل كبر الغدد الثديية وتنظيم الطمث (الدورة الشهرية).

ب - هرمون البروجسترون Progesterone ، يفرز من الجسم الأصفر فى المبيض و المشيمة ويعمل على انتظام دورة الحمل كتنظيم التغيرات الدموية فى الغشاء المبطن للرحم ليعده لاستقبال وزرع البويضة والتغيرات التى تحدث فى الغدد الثديية أثناء الحمل.

جـ- هرمون الريلاكسين Relaxin يفرز من المشيمة والرحم ويسبب ارتخاء الإرتفاق العانى عند نهاية فترة الحمل لتسهيل عملية الولادة.

سابعا: هرمونات القناة الهضمية Gastrointestinal Hormones

يحتوى الغشاء المخاطى المبطن للقناة الهضمية على غدد تفرز العصارة الهاضمة إلى جانب ذلك يقوم هذا الغشاء بإفراز مجموعة من الهرمونات والتى تنشط غدد القناة الهضمية لإفراز الإنزيمات الهاضمة وعصاراتها المختلفة كهرمون الجاسترين الذى يفرز من المعدةوينتقل خلال الدم إلى المعدة مرة أخرى ليحثها على إفراز العصير المعدى وهرمون السكيرتين **Secretin** وهرمون الكوليسيستوكينين **Cholecystokinin** واللذان يفرزان من الأمعاء الدقيقة، وينقلا عبر الدم إلى البنكرياس ليحثانه على إفراز العصارة البنكرياسية.

أسئلة

س(١) علل لما يأتى:

- حدوث العملقة فى الأطفال.
- يطلق على الغدة النخامية رئيسة الغدد الصماء.
- إفراز اللبن من الغدد الثديية للسيدة المرضع.
- حدوث انقباضات لعضلات الرحم فى أثناء الولادة (الطلق).
- إصابة بعض الأفراد بالتضخم الجحوظى.
- زيادة إفراز هرمون الباراثورمون يجعل العظام هشة ومعرضة للكسر.
- ظهور علامات الذكورة على بعض الإناث البالغة نتيجة للاختلال الهرمونى.
- يهيئ إفراز الأدرينالين مواجهة حالات الخطر والانفعال والهجوم فى حالة الغضب.
- البنكرياس غدة مزدوجة.
- شعور مرضى السكر دائما بالعطش.
- إصابة مرضى السكر أحيانا بغيبوبة السكر.
- يستخدم خلاصة الفص الخلفى للغدة النخامية للماشية فى عمليات الولادة المتعسرة.

س(٢) تخير الإجابة الصحيحة فى كلا مماياتى :

١- الغدة التى تقوم بتنبيه الغدد اللبنية بالثدى لإفراز اللبن بعد الولادة ....

أ- المبيض   ب- الغدة الكظرية   جـ- الغدة الجاردرقية   د-الغدة النخامية

٢- يقوم الأدرينالين بـ....................

أ-تنبيه الجسم للقيام بالنشاط اللازم لمواجهة الخطر.

ب-تنبيه الكبد لتحويل الجلوكوز إلى جليكوجين.

جـ-إظهار بعض الصفات الجنسية.

د-زيادة مقاومة الجسم للعدوى والميكروب.

٣-تنشأ الحالة المعروفة بالتضخم الجحوظى نتيجة زيادة إفراز هرمون ....

أ-الثيروكسين ب-النمو جـ-الكورتيزون د-الباراثورمون.

س(٣) ما دور كل من العلماء الآتى أسمائهم فى اكتشاف الهرمونات:

ستارلنج - كلود برنار - بويسن جنسن.

س(٤) «يؤدى تضخم الغدة الدرقية إلى ظهور أعراض مرضية واضحة تختلف باختلاف نشاط الغدة والمرحلة التى يحدث فيها التضخم».

اشرح هذه العبارة موضحا ما يلى :

أ- موقع الغدة الدرقية فى جسم الإنسان.

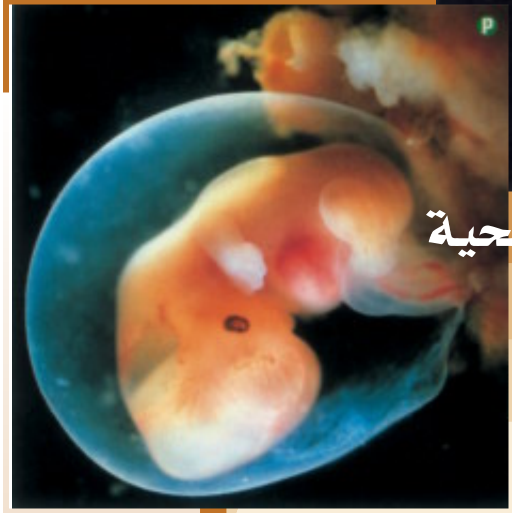
ب- وظيفة الغدة الدرقية للجسم.

جـ-أثر زيادة إفرازها أو قلته فى الجسم.

س(٥) أذكر خصائص الهرمونات؟

س(٦) تنقسم الغدة النخامية إلى جزء غدى وجزء عصبى. وضح هرمونات كل جزء وأهميته للإنسان.

س(٧) قارن بين الأنسولين والجلوكاجون.



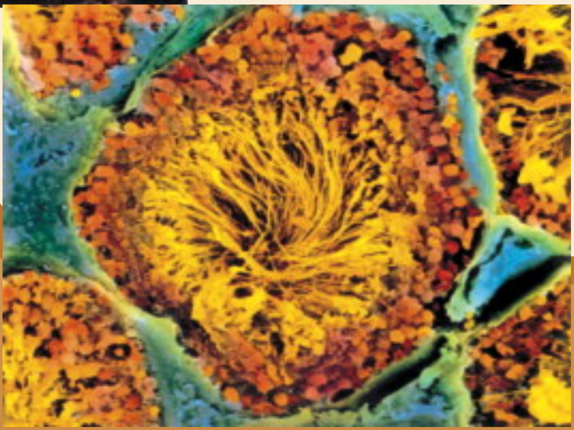
التركيب والوظيفة فى الكائنات الحية

الفصل الثالث

التكاثر فى الكائنات الحية

فى نهاية هذا الفصل ينبغى أن يكون الطالب قـادر على أن:

- يتعرف مفهوم التكاثر وأهميته للأحياء
- يكتشف قدرات التكاثر بين الأحياء
- يتعرف طرق التكاثر بين الأحياء لاجنسياً وجنسياً
- يتعرف دورة حياة البلازموديوم المسبب لمرض الملاريا
- يقارن بين التكاثر اللاجنسى والتكاثر الجنسى
- يتعرف كيف تتكون البذور والثمار
- يتعرف مكونات الأجهزة التناسلية المذكرة والمؤنثة فى الأنسان
- يتعرف مراحل تكوين الحيوان المنوى والبويضة فى الأنسان
- يتعرف دورة الطمث فى المرأة ودور الهرمونات فى تنظيم هذه الدورة
- يتعرف كيف يحيا الجنين داخل الرحم ومراحل تكوينه ونموه
- يكتشف كيف تحدث ظاهرة التواءم وانواعها
- يتعرف وسائل منع الحمل
- يتعرف كيفية اخصاب البويضة خارج الجسم (أطفال الأنابيب)
- يقدر جهود العلماء فى التقدم التكنولوجى المرتبط بعملية التكاثر
- يقدر عظمة الخالق فى توالد الأجيال لتستمر الحياه على سطح الأرض



أبيض

تعتمد جميع المخلوقات على مصادر متنوعة تمدها بالطاقة اللازمة لحياتها لكى تبقى على هذه الأرض الى اجل محدد وتنتهى حياتها بالموت الحتمى .. إذ يتعين عليها ان تقوم بوظائف التغذية والتنفس والإخراج والإحساس لكى تنجح فى حياتها المحدودة على الأرض .. فماذا عن وظيفة التكاثر ؟

أهمية التكاثر للأحياء

إن الكائن الحى الذى لا يتكاثر يمكنه ان يستمر فى حياته الطبيعية - بل ان بعض الأحياء التى ازيلت اعضاء تكاثرها بقيت حيه بشكل عادى - ذلك ان وظيفة التكاثر أقل اهمية من الوظائف السابق ذكرها بالنسبة لحياة الفرد - فلو تعطلت إحدى هذة الوظائف لهلك الفرد سريعاً .. وعليه فإن التكاثر يعتمد على تأمين جميع الوظائف الأخرى ، وليس العكس .. وبرغم ذلك فإنها الوظيفة التى تؤمن استمرار الأنواع على الأرض بعد فناء الأفراد .. ولو تعطلت بشكل جماعى - تؤدى الى انقراض النوع من الوجود.

وتبدأ جميع الأحياء حياتها بالسعى المتواصل لتأمين بقائها كأفراد اولا وتوفير الطاقة اللازمة لنموها حتى مرحلة معينة ، ثم تبدأ بعدها فى السعى لتأمين بقاء انواعها بالتكاثر فتوجه له معظم طاقاتها وسلوكها .

قدرات التكاثر بين الأحياء :-

تختلف قدرات التكاثر بين الأحياء مع اختلاف البيئة المحيطة بها والمخاطر التى تتعرض لها وطبيعة حياتها وطول اعمارها واحجامها .. الخ

- فالأحياء المائية تنتج نسلا'' أكثر مما تنتجه اقرانها على اليابسة .
- والأحياء الطفيلية أكثر نسلاً من الكائنات الحرة لتعويض الفاقد منها .
- والأحياء البدائية او قصيرة العمر تنتج نسلاً أكثر مما تنتجه الأحياء المتقدمه او طويلة العمر وذلك لما تلقاه هذه الأحياء من رعاية وحماية من الأباء

وعموما فإن الأنواع والأفراد التى نراها حولنا فى الوقت الحاضر إنما تعبر عن نجاح اسلافها فى التكاثر ، وتخطى المصاعب التي واجهتها عبر الأجيال المتلاحقة - بعكس العديد من الكائنات المنقرضة التى لم تنجح فى الأستمرار حتى الأن . ولعلنا نذكر منها الديناصورات وغيرها من الزواحف العملاقة التى لم يتواصل تكاثرها ، وأصبحت فى سجل التاريخ الجيولوجي ومثلها الكثير فى عالمى الحيوان والنبات .

طرق التكاثر فى الكائنات الحية

تتكاثر الكائنات الحية بعدة سبل واساليب لكى تستمر أنواعها . ويمكن تجميع تلك الأساليب فى طريقتين أساسيتين :

اولا : التكاثر اللاجنسى : (Asexual Reproduction)

يتضمن مجرد انفصال جزء من الجسم سواء كان خلية جرثومية واحدة ، او جملة خلايا او انسجة ونموها الى فرد جديد يشبه الأصل التى انفصلت عنه تماما فتستمر صفات الأجيال الناتجة بهذه الطريقة حتى وان تغيرت البيئة حولها ..فإذا حدث تغيير فى تلك البيئة تعرض معظم النسل الناتج للهلاك ما لم تكن أباؤها قد تأقلمت على ذلك التغيير . وهذا التكاثر شائع فى عالم النبات لكنه يقتصر على بعض الأنواع البدائية فى عالم الحيوان .

- يعتمد هذا التكاثر على الأنقسام الميتوزى لخلايا الكائن الحى حيث يكون عدد الصبغيات فى خلايا الأفراد الجديدة هو نفس عدد الصبغيات فى خلايا الكائن الأصلى .

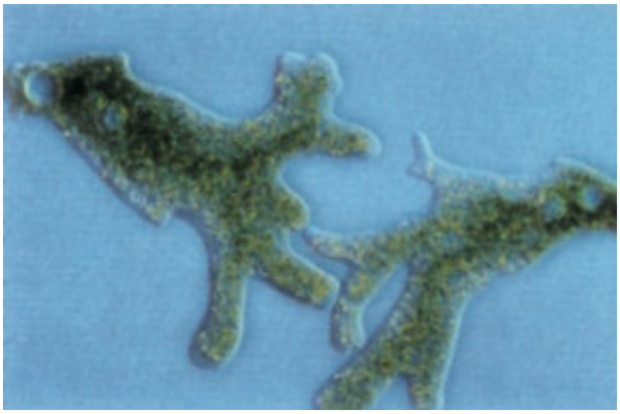
صور التكاثر اللاجنسى :

يتم التكاثر اللاجنسى فى عالم الأحياء فى عدة صور من اهمها ما يلى :

١- الأنشطار الثنائى :- Binary Fission

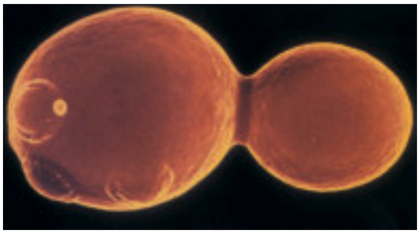
وفيه تنقسم النواة ميتوزيا ، ثم تنشطر الخلية التى تمثل جسم الكائن الحى الى خليتين يصبح كل منهما فردا جديدا" وتتكاثر بهذة الصورة كثير من الأوليات الحيوانية كالأميبا (شكل ١) والبراميسيوم بالإضافة الى الطحالب البسيطة والبكتريا ويتم ذلك فى الظروف المناسبة .

أما فى الظروف غير المناسبة - فإن الأميبا تفرز حول جسمها غلافا كيتينيا للحماية . وعادة ما تنقسم بداخله عدة مرات بالإنشطار الثنائى المتكرر لتنتج العديد من الأميبات الصغيرة التى تتحرر من الحوصلة فور تحسن الظروف المحيطة .



شكل (١) الانشطار الثنائي في الأميبا

٢- التبرعم : (Budding)


شكل (٢) التبرعم فى فطر الخميرة

تتكاثر بعض الكائنات وحيدة الخلية ، وبعض متعددة الخلايا بالتبرعم . ففى الكائنات وحيدة الخلية كالخميرة ينشأ البرعم كبروز جانبى على الخلية الأصلية ، ثم تنقسم النواة ميتوزياً إلى نواتين تبقى إحداهما فى خلية الأم وتهاجر الثانية نحو البرعم الذى ينمو تدريجيا والذى قد يبقى متصلا بخلية الأم حتى يكتمل نموه فينفصل عنها . أو يستمر فى اتصاله بها مكونا مع غيره من البراعم النامية مستعمرات خلوية (شكل ٢)

شكل (٣) التبرعم في الهيدرا

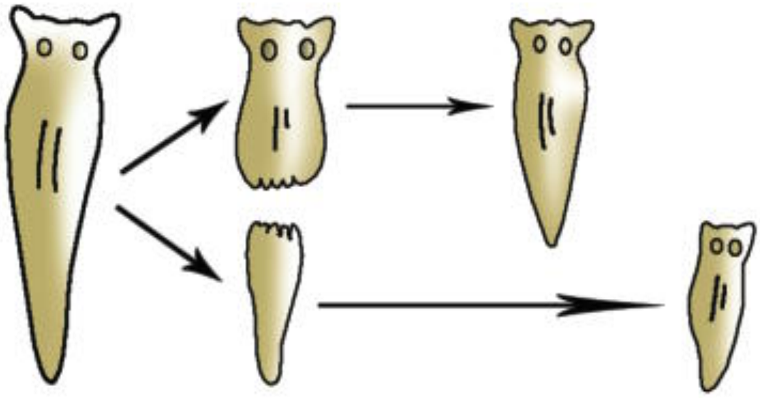
أما فى الكائنات متعددة الخلايا كألاسفنج والهيدرا فينمو البرعم على شكل بروز صغير من احد جوانب الجسم بفعل انقسام الخلايا البينية وتميزها الى برعم ينمو تدريجيا ليشبه الأم تماما (شكل ٣)، ثم ينفصل عنه ليبدأ حياته مستقلا ويذكر ان الأسفنج والهيدرا يتكاثران جنسيا ايضا الى جانب قدرتهما على التجدد.

٣- التجدد : Regeneration

تشيع هذه الطريقة فى كثير من النباتات وبعض الحيوانات كالأسفنج والهيدرا وبعض الديدان ونجم البحر التى تملك القدرة على تجديد الأجزاء المفقودة من أجسامها عند تعرضها لحادث او تمزق . وفى بعض الحيوانات عندما يقطع الجسم الى عدة أجزاء فإن كلا منها ينمو الى فرد جديد. . ولكن القدرة على التجدد تقل برقى الحيوان، حيث يقتصر فى بعض القشريات والبرمائيات على استعاضة الأجزاء المبتورة فقط ، أما فى الفقاريات العليا فلا يتجاوز التجدد فيها عملية التئام الجروح ، وخاصة إذا كانت محدودة فى الجلد والأوعية الدموية والعضلات.

ومن مظاهر التجدد المثيرة قدرة دودة البلاناريا (من الديدان المفلطحة المنتشرة فى الماء العذب) على التجدد - حتى لو قطعت لعدة اجزاء على مستوى عرضى او لجزءين طوليا - فإن كل جزء ينمو الى فرد مستقل (شكل ٤) .

اما فى الهيدرا فيمكنها أن تتجدد اذا قطعت لعدة اجزاء فى مستوى عرضى وينمو كل جزء الى فرد مستقل



شكل (٤) - التجدد فى البلاناريا

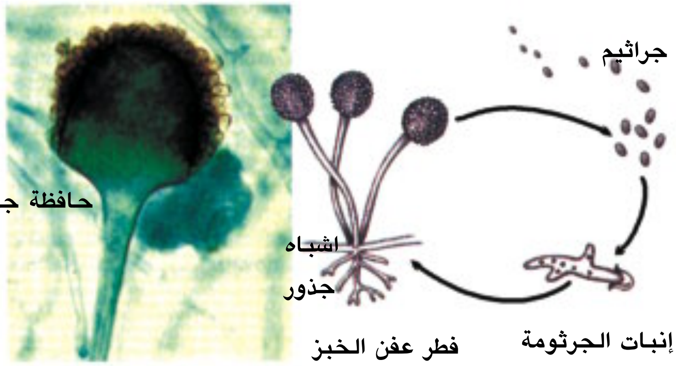
شكل (٥) - نجم البحر

وفى نجم البحر (شكل ٥) الذى يتغذى على محار اللؤلؤ (إذ يستطيع النجم الواحد أن يفترس حوالى عشر محارات يوميا'' بما قد تحمله من لؤلؤ بين ثناياها) لهذا كان القائمــون على رعاية ذلك المحار فى مـزارع اللؤلؤ يجمعون نجوم البحر ويمزقونه ويلقون به فى البحر للتخلص منه تماماً فكانوا بذلك يعملون على إكثاره دون قصد - حيث إن أحد أذرع نجم البحر مع قطعة من قرصة الوسطى يمكن أن يتجدد إلى نجم بحر كامل فى فترة وجيزة

٤- التكاثر بالجراثيم : Sporogony

تتكاثر بعض النباتات البدائية بواسطة خلايا وحيدة تعرف بالجراثيم متحورة للنمو مباشرة الى نباتات كاملة . وتتكون الجرثومة من سيتوبلازم به كمية ضئيلة من الماء ونواة وجدار سميك، فاذا نضجت الجرثومة تحررت من النبات الأم لتنتشر فى الهواء . وبوصولها الى وسط ملائم للنمو تمتص الماء وتتشقق جدرها وتنقسم عدة مرات ميتوزيا حتى تنمو الى فرد جديد

ومن الكائنات التى تتكاثر بالجراثيم ، كثير من الفطريات مثل فطر عفن الخبز (شكل ٦) وفطر عيش الغراب (شكل ٧) وبعض الطحالب والسراخس، ويمتاز هذا التكاثر بسرعة الأنتاج وتحمل الظروف القاسية والأنتشار لمسافات بعيدة .



شكل (٦) التكاثر بالجراثيم فى عفن الخبز

شكل (٧) التكاثر بالجراثيم فى عيش الغراب

٥- التوالد البكرى : Parthenogenesis

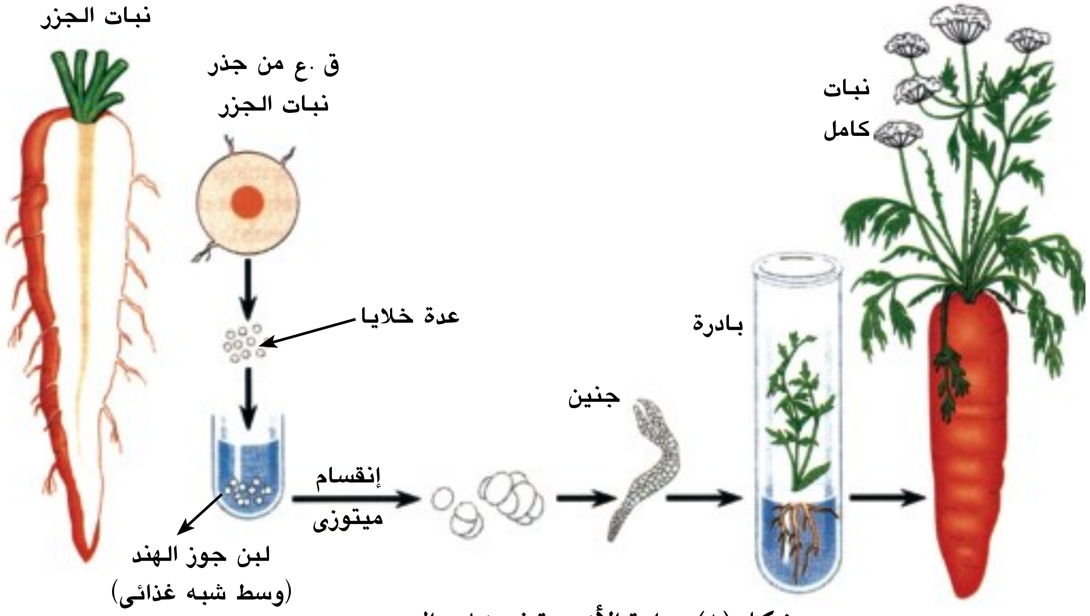
يعرف التوالد البكرى بقدرة البويضة على النمو لتكوين فرد جديد بدون إخصاب من المشيج الذكرى ، ويعد ذلك نوعا خاصا من التكاثر اللاجنسى ، حيث يتم إنتاج الأبناء من اب واحد فقط، ويتم التكاثر البكرى فى عدد من الديدان والقشريات والحشرات واشهرها نحل العسل ، حيث تنتج الملكة بيضا ينمو بدون إخصاب لتكوين ذكور النحل ، وبيضا ينمو بعد الأخصاب لتكوين الملكة والشغالات حسب نوع الغذاء بعد ذلك . فتكون الذكور احادية المجموعة الصبغية (ن) وتكون الملكة والشغالات ثنائية المجموعة الصبغية (٢ن) لكن فى حالات من التوالد البكرى، تتكون البويضات من انقسام ميتوزى فتنمو الى افراد ثنائية المجموعة الصبغية (٢ن) كما فى حشرة المن .

وقد أمكن تنشيط بويضات نجم البحر والضفدعة صناعيا بواسطة تعريضها لصدمة حرارية او كهربائية اوللأشعاع او لبعض الأملاح او للرج او الوخز بالأبر فتتضاعف صبغياتها بدون إخصاب ، مكونة أفرادا" تشبه الأم تماما ، كما تكونت أجنه مبكرة من بويضات الأرانب بأستخدام منشطات مماثلة.

٦- زراعة الأنسجة : Tissue Culture

يقوم العلماء بدراسة زراعة الأنسجة النباتية والحيوانية وإنمائها فى وسط غذائى شبه طبيعى، ثم متابعة تميز إنسجتها وتقدمها نحو انتاج افراد كاملة . وفى تجربة مثيرة فصل أحد العلماء أجزاء صغيرة من نبات الجزر فى انابيب زجاجية تحتوى لبن جوز الهند - الذى يحتوى على جميع الهرمونات النباتية والعناصر الغذائية ، فبدأت الأجزاء فى النمو والتمايز الى نبات جزر كامل (شكل ٨). وبعد ذلك فصل خلايا منفردة من نفس انسجة النبات وزرعها بنفس الطريقة ليحصل منها بالمثل على النبات الكامل . كما أمكن الحصول على نبات طباق كامل بعد فصل خلايا من اوراق الطباق وزراعتها بنفس الطريقة.

وقد أكدت هذه التجارب ان الخلية النباتية المحتوية على المعلومات الوراثية الكاملة يمكنها أن تصبح نباتا كاملا لو زرعت فى وسط غذائى مناسب يحتوى على الهرمونات النباتية بنسب معينة وتستغل هذه الطرق حالياً فى إكثار نباتات نادرة او ذات سلالات ممتازة او أكثر مقاومة للأمراض ، كما أمكن حفظ الأنسجة المختارة للزراعة فى نيتروجين سائل لتبريدها لمدة طويلة مع الإبقاء على حيويتها لحين زراعتها .ويعلق العلماء أمالا على تقدم هذه التقنيات لحل مشاكل الغذاء واختصار الوقت اللازم لنمو المحاصيل المنتجة بأكثارها بنفس الطريقة.



شكل (٨) زراعة الأنسجة فى نبات الجزر

ثانيا : التكاثر الجنسى : Sexual Reproduction

يتطلب التكاثر الجنسى وجود فردين ذكر و انثى غالبا لإنتاج الأمشاج الجنسية ويتعين على تلك الأمشاج ان تتلاقى من اجل الأندماج أو الأخصاب فعند التزاوج يلتقى المشيج الذكرى والمشيج الأنثوى المناسب لنوعه ويندمجا معا وتتكون اللاقحة ، التى تبدأ فى الأنقسام والنمو لتكوين الجنين ، ثم الفرد اليافع ، فالبالغ الذى يجمع بين صفات الأبوين ، لهذا فالأبن يتسلم المادة الوراثية من كلا الأبوين فيصير خليطاً من صفاتهما .

على عكس التكاثر اللاجنسى الذى يتسلم فيه الأبن تلك المادة من أب واحد فيصير نسخة مطابقة له .

ومع ذلك فالتكاثر الجنسى مكلف فى الوقت والطاقة عن اللاجنسى - لأنه يتم عادة بعد عمر او اعداد معين كما يتعين على الأبوين احيانا إعداد العش او الجحر المناسب قبل الزواج كما قد يتبادلان حراسة البيض ورعاية الأبناء حتى تكبر ، بل إن بعض الأنواع تتحمل فى سبيل حماية أبنائها مشقة اكبر عند الأحتفاظ بالأجنة فى بطونها حتى تولد . وقد تبقى الأبناء مع ابائها فى حياة اجتماعية من اجل المزيد من الحماية وتعلم الكثير من السلوك .

ويضاف الى ما سبق ان إنجاب افراد جديدة يقتصر هنا على نصف عدد افراد النوع وهى الإناث دون الذكور بينما جميع الأفراد فى التكاثر اللاجنسى قادرة على إنتاج أفراد جديدة. وبرغم كل ما سبق فإن التكاثر الجنسى. قادرة على إنتاج أفراد جديدة يوفر للأجيال الناتجة تجديدا مستمرا فى بنائها الوراثى يمكنها من الأستمرار فى وجه التغيرات البيئية .

- ويعتمد التكاثر الجنسى على الأنقسام الميوزى عند تكوين الأمشاج . حيث يختزل فيها عدد الصبغيات الى النصف (ن) وعند الأخصاب يندمج المشيج الذكرى مع المشيج الأنثوى ويعود العدد الأصلى للصبغيات (٢ن) والذى يختلف حسب نوع الكائن الحى .

صور التكاثر الجنسى

يتم التكاثر الجنسى بصورتين اساسيتين هما :

١- الإقتران : Conjugation

يتم التكاثر عادة فى الكائنات البدائية كبعض الأوليات والطحالب والفطريات بالانقسام الميتوزى فى الظروف المناسبة ، لكنها تلجأ الى التكاثر الجنسى بالأقتران عند تعرضها للجفاف او تغير حرارة الماء او نقاوته.

مطابع روز اليوسف

٢- الإقتران فى الأسبيروجيرا Spirogyra

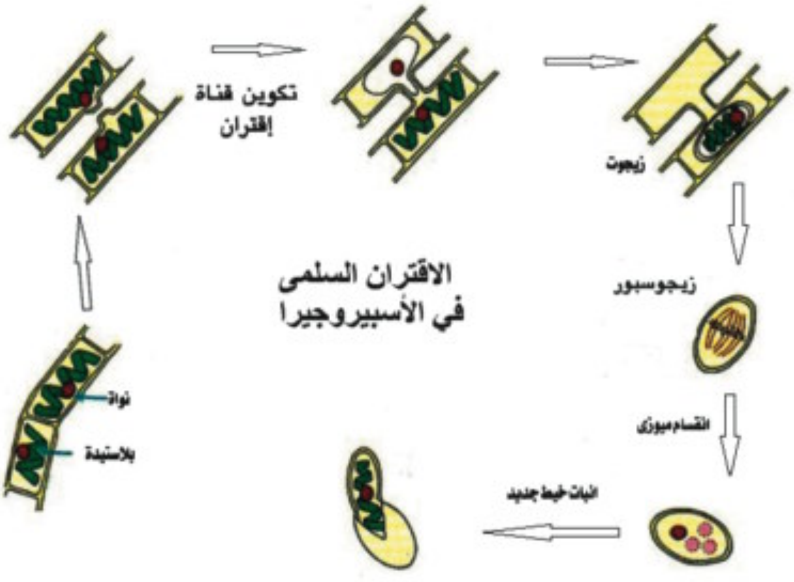
■ يعرف الأسبيروجيرا بالريم الأخضر الذى ينتشر فى المياه الراكدة حيث تطفو خيوطه التى يتكون كل منها من صف واحد من الخلايا. ويلجأ طحلب الأسبيروجيرا الى الأقتران فى الظروف غير المناسبة وهما نوعان :-

أ - الإقتران السلمى :-

يتجاور خيطان من الأسبيروجيرا طوليا'' ، وتنمو نتوءات للداخل بين بعض ازواج الخلايا المتقابلة حتى يتلامسا ويزول الجدار الفاصل بينهما لتتكون قناة إقتران .

يتكور البروتوبلازم فى خلايا احد الخيطين ليهاجر الى خلايا الخيط المقابل عبر قناة الأقتران مكونا'' لاقحة Zygote (شكل ٩) تحاط اللاقحة بجدار سميك لحمايتها من الظروف غير الملاءمة وتعرف حينئذ باللاقحة الجرثومية Zygospore

تبقى اللاقحة الجرثومية ساكنة حتى تتحسن الظروف المحيطة فينقسم اللاقحة الجرثومية ميوزيا ليتكون أربع خلايا أحادية المجموعة الصبغية يتحلل منها ثلاثة والرابعة تنقسم ميتوزيا ليتكون خيط جديد.



(شكل ٩) الاقتران السلمى

ب- الاقتران الجانبي

- يحدث هذا الاقتران بين الخلايا المتجاورة في نفس الخيط الطحلبي وتنتقل مكونات أحد الخليتين إلى الخلية المجاورة لها من خلال فتحه في الجدار الفاصل بينهما (شكل ١٠).

- وتجدر الإشارة إلى أن خيط الطحلب خلاياه فردية الصبغيات (ن) وبعد الاقتران تتكون اللاقحة (٢ن) التى تنقسم ميوزيا قبل إنبات خيط الطحلب الجديد فتعود لخلاياه الصفة الفردية ثانية .

(شكل ١٠) الاقتران الجانبى

٢- التكاثر بالأمشاج الجنسية :

تتكاثر الأحياء النباتية والحيوانية المتقدمة بالأمشاج الجنسية الذكرية والأنثوية وهما ناتجان عن انقسام ميوزى يتم في المناسل (الأعضاء الجنسية)

- تتميز الأمشاج الذكرية بالقدرة على الحركة ، فيكون بناؤها معداً لذلك حيث تفقد معظم سيتوبلازمها ويستدق الجسم ويتزود بسوط أو ذيل للحركة لكى يؤدى وظيفته وهى نقل المادة الوراثية إلى المشيج الأنثوى فى عملية الإخصاب وعلى ذلك تنتج من كل خلية أولية أربعة أمشاج ذكرية أى تنتج بأعداد كبيرة نظراً لاحتمال فقد بعضها خلال رحلتها إلى المشيج الأنثوي .

أما الأمشاج الأنثوية التى تتكون في المبيض ، فأنها تبقى ساكنة عادة فى جسم الأنثى حتى يتم الإخصاب ، لذا تكون مستديرة وغنية بالغذاء غالبا" وتنتج بأعداد قليلة .

وقد تنتقل الأمشاج الذكرية إلى الأنثوية عبر الماء ، كما في الحيوانات المائية كالأسماك العظمية والضفادع ، حيث يلقى كل من الذكر والأنثى بأمشاجهما معا في الماء ليتم التلقيح خارجيا وبالتالى يتم الإخصاب وتكوين الجنين في الماء . أما في الحيوانات التى تعيش على اليابسة فيتم التلقيح داخليا . حيث يتعين إدخال الحيوانات المنوية إلى البويضات بداخل جسم الأنثى لكي يتم الإخصاب وعلى ذلك فإن الإخصاب هو إندماج نواة المشيج الذكرى بنواة المشيج الأنثوى لتكوين اللاقحة ، التى تستعيد ازدواج الصبغيات (٢ن) وتمضى نحو تكوين الجنين بالانقسام الميتوزى.

ثالثاً : تعاقب الأجيال Alternation of generations

هناك بعض الأنواع النباتية والحيوانية لها القدرة على التكاثر بالطريقتين اللاجنسية والجنسية حيث يتعاقب فى دورة حياتها جيل يتكاثر جنسياً مع جيل أو أكثر يتكاثر لا جنسيا" ، فيجنى مميزاتهما معا" في تحقيق سرعة التكاثر والتنوع الوراثي بما يمكنه من الانتشار ومسايرة تقلبات البيئة وقد يتبع ذلك تباين في المحتوى الصبغى لخلايا تلك الأجيال .

وتتضح هذه الظاهرة في الأمثلة التالية :-

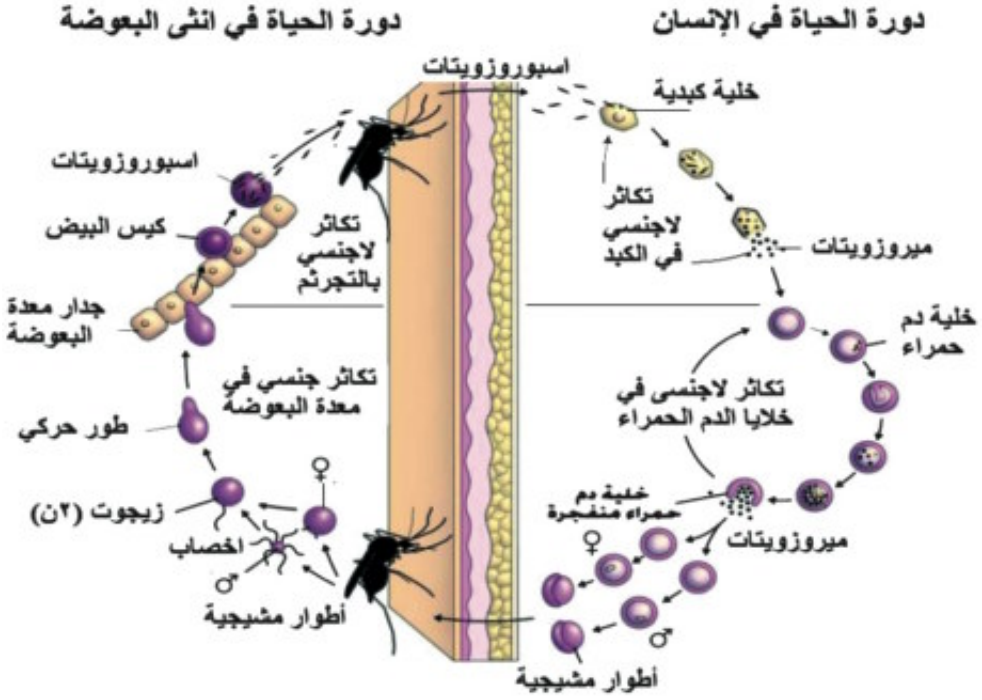
١- دورة حياة بلازموديوم الملاريا :

البلازموريوم من الأوليات الجرثومية التى تتطفل على الأنسان وبعوضه الأنوفيليس . وتبدأ دورة الحياة عندما تلدغ أنثى بعوضة انوفيليس مصابة بالطفيل جلد الأنسان وتصب في دمه أشكالا مغزلية دقيقة هى الأسبوروزيتات (Sporozoites) التى تتجه إلى الكبد حيث تقضى فيه فترة حضانة تقوم خلالها بدورتين من التكاثر اللاجنسى حيث تنقسم النواة بما يعرف بالتقطع (Schizogony) لتنتج الميروزيتات (Merozoites) التى تنتقل بعد ذلك لأصابة كريات الدم الحمراء.

تقضى الميروزويتات في كريات الدم الحمراء عدة دورات لاجنسية لإنتاج العديد من الميروزويتات التى تتحرر بأعداد هائلة كل يومين بعد تفتت كريات الدم المصابة، وتنطق مواد سامة فيظهر على المصاب حينئذ أعراض حمى الملاريا (كإرتفاع درجة الحرارة - الرعشة - العرق الغزير)

تتحول بعد ذلك الميروزويتات إلى أطوار مشيجية تنتقل مع دم المصاب إلى البعوضة ، حيث يتم إندماج الأمشاج وتكوين اللاقحة في معدة البعوضة (شكل ١١)

تتحول اللاقحة إلى طور حركي Ookinete يخترق جدار المعدة وينقسم ميوزيا" مكونا" كيس البيض Oocyst الذى تنقسم نواته ميتوزيا" فيما يعرف بالتجرثم Sporogony وتنتج العديد من الأسبوروزيتات التى تتحرر وتتجه إلى الغدد اللعابية للبعوضة استعداداً لإصابة إنسان جديد



(شكل ١١) دورة حياة البلازموديوم

وهكذا يتعاقب في دورة حياة البلازموديوم جيل جنسى يتكاثر بالأمشاج (فى البعوضة) ثم أجيال لا جنسية تتكاثر بالتجرثم (في البعوضة) وبالتقطع فى الأنسان .

٢- دورة حياة نبات من السراخس Ferns

من أمثلة السراخس الشائعة نبات الفوجير المعروف كنبات زينة في المشاتل وكزبرة البئر التي تنمو على حواف الآبار والقنوات الظليلة .

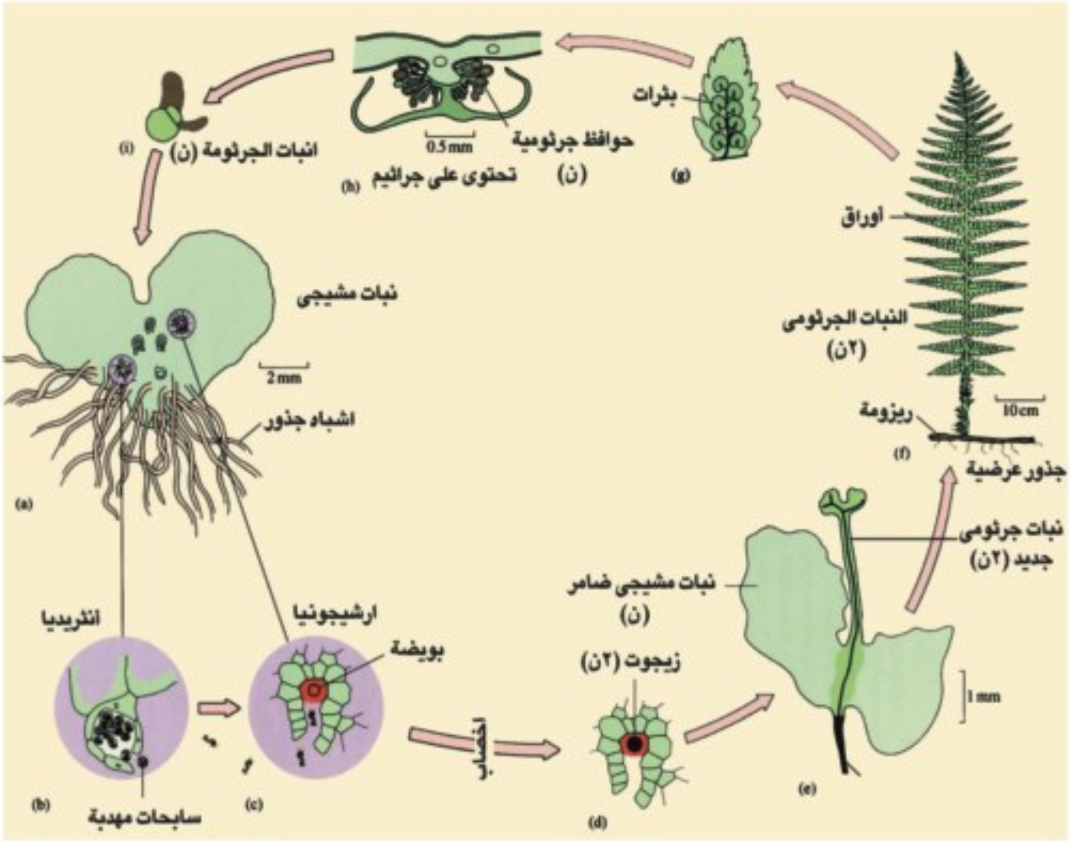
تبدأ دورة الحياة في نبات الفوجير (شكل ١٢) بالطور الجرثومي الذي يحمل الأوراق وعلى سطحها السفلي بثرات بها حوافظ جرثومية تحتوى العديد من الخلايا الجرثومية (٢ن) التي تنقسم ميوزيا لتكوين الجراثيم (ن).

عند نضج الجراثيم، تتحرر من الحوافظ وتحملها الرياح لمسافات بعيدة

عندما تسقط الجرثومة على تربة رطبة تنبت مكونة عدة خلايا لا تلبث أن تتكتل وتتميز إلي جسم مفلطح ينمو على شكل قلبي فوق التربة الرطبة ويعرف بالطور المشيجى وتتميز على مؤخرة السطح السفلى للطور المشيجى أشباه جذور كزوائد تخترق التربة لامتصاص الماء والأملاح ، كما تنمو زوائد تناسلية على مقدمة نفس السطح تعرف بالأنثريديا Antheridia كمناسل مذكرة والأرشيجونيا Archegonia كمناسل مؤنثة.

- بعد النضج ، تتحرر من الانثريديا الأمشاج الذكرية (السابحات المهدبة) لتسبح فوق مياه التربة حتى تصل إلي الأرشيجونيا الناضجة لإخصاب البويضة بداخلها مكونة اللاقحة (٢ن) وبعد ذلك تنقسم اللاقحة وتتميز إلى نبات جرثومى جديد ينمو فوق النبات المشيجى ويعتمد عليه لفترة قصيرة حتى يكون لنفسه جذورا وساقا وأوراقا فيتلاشى النبات المشيجى وينمو النبات الجرثومي ليعيد دورة الحياة .

وهكذا يتعاقب طور جرثومي (٢ن) يتكاثر لاجنسيا بالجراثيم مع طور مشيجى (ن) يتكاثر جنسيا بالأمشاج فى دورة حياة السراخس التى تعد مثالا نموذجيا لظاهرة تعاقب الأجيال فى الأحياء.



(شكل ١٢) دورة حياة نبات الفوجير

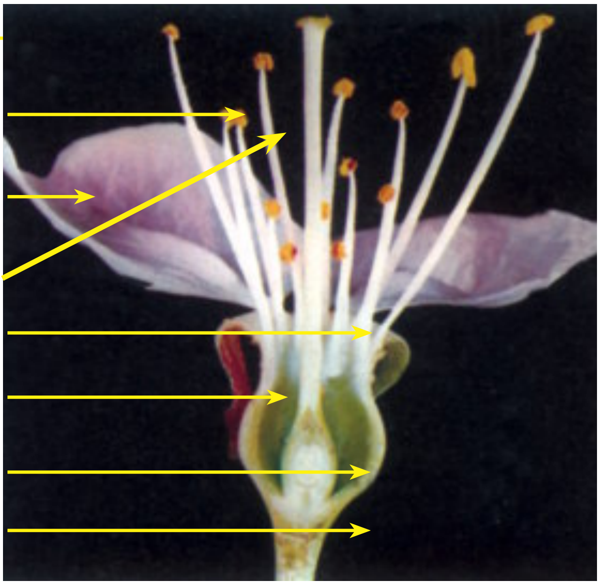
التكاثر في النباتات الزهرية
(Reproduction in flowering Plants)

النباتات الزهرية مجموعة كبيرة من النباتات البذرية التى تنشأ بذورها داخل غلاف ثمري فتعرف لهذا بمغطاة البذور التى تنتشر في بيئات مختلفة وتتفاوت فى الحجم من أعشاب صغيرة إلى أشجار ضخمة والزهرة هى العضو المتخصص بالتكاثر في هذه النباتات ، فهي ساق قصيرة تحورت أوراقها لتكون الأجزاء الزهرية المختلفة وتخرج الزهرة من إبط ورقة خضراء أو حرشفية تسمى القنابة ، وفى بعض الأحيان توجد أزهار بدون قنابات .

وتنشأ الأزهار إما وحيدة طرفية كما فى التيوليب ، فتحد بذلك من نمو الساق ، أو تكون وحيدة إبطيه كزهرة البيتونيا ، أو تتجمع الأزهار على المحور الزهري في تنظيمات متنوعة تعرف بالنورات كما في الفول والمنثور.

تركيب الزهرة :-

تخرج الزهرة (شكل ١٣) من إبط ورقة تعرف بالقنابة (Bract) تختلف الشكل واللون من نبات لأخر



شكل (١٣) قطاع طولى فِى الزهرة

وتحمل الزهرة في بعض النباتات على عنق(Pedicel) فتكون معنقة وفى بعضها الأخر تكون جالسة . (Sessile) وللزهرة النموذجية أو الكاملة كالفول والتفاح والبصل والبيتونيا أربعة محيطات زهرية تتبادل أوراق كل منها مع أوراق المحيط الذي يليه

- **الكأس** (Calyx) المحيط الخارجي للزهرة ، يتكون من أوراق خضراء تعرف بالسبلات Sepals وتقوم بحماية الأجزاء الداخلية للزهرة من عوامل الجفاف أو الأمطار أو الرياح
- **التويج** (Corolla) المحيط الذى يلى الكأس للداخل ، يتكون من صف واحد أو اكثر من البتلات (Petals) التى تساعد فى حماية الأجزاء الجنسية للزهرة وجذب الحشرات لأتمام عملية التلقيح

- في أزهار معظم نباتات الفلقة الواحدة كالتيوليب والبصل ، يصعب تمييز أوراق الكأس عن التويج ، حينئذ يعرف المحيطان الخارجيان بالغلاف الزهرى(Perianth)

- **الطلع** (Androecium) عضو التذكير ، يتكون من أوراق متعددة تسمى الأسدية (Stamens)كل منها مكون من خيط (Filament) يحمل على قمته المتوك Anther الذي يحتوى على أربعة أكياس من حبوب اللقاح .(pollen grains)
- **المتاع**(Gynoecium) عضو التأنيث ، يقع في مركز الزهرة ويتكون من كر بلة واحدة carpel أو اكثر، وتكون قاعدة الكربلة منتفخة وتعرف بالمبيض ovary الذي يحتوى البويضات ovules، وقد تلتحم الكر ابل أو تبقى منفصلة ، كما قد تحتوى غرفة واحدة Locule آو اكثر . ويعلو المبيض عنق رفيع يسمى القلم ينتهى بقرص لزج يعرف بالميسم stigma تلتصق عليه حبوب اللقاح .

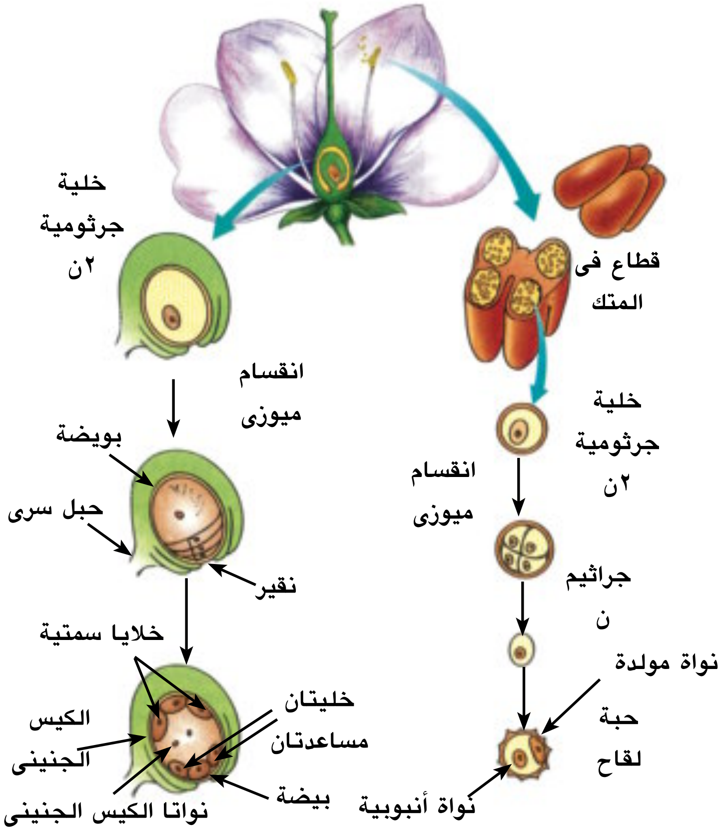
وظائف الزهرة

لكي تقوم الزهرة بوظائفها في التكاثر لاستمرار النوع ، فإنه يجب أولا آن تقوم الأسدية بإعداد حبوب اللقاح ، والمبيض بإعداد البويضات ، ثم تأتى عمليتا التلقيح والإخصاب فتكوين الثمرة والبذور وذلك كما يلي :

أولاً: تكوين حبوب اللقاح :

إذا فحصت قطاعا عرضيا'' في متك ناضج لأحد الأسدية كبيرة الحجم ، كما في الزنبق مثلا (شكل ١٤) تشاهد احتواءه على أربعة أكياس لحبوب اللقاح ، وقبل أن تتكون حبوب اللقاح أثناء نمو الزهرة تكون هذه الأكياس مليئة بخلايا كبيرة الأنوية تسمى الخلايا الجرثومية الأمية. التى تحتوى على عدد زوجي من الصبغيات (٢ن)

- تنقسم كل خلية من هذه الخلايا انقساما ميوزيا لتكون أربع خلايا بكل منها عدد (ن) من الصبغيات وتسمى الجراثيم الصغيرة (Microspores) ثم تتحول كل منها إلي حبة لقاح بأن تنقسم النواة انقساما'' ميتوزيا إلي نواتين تعرف إحداهما بالنواة الأنبوبية (Tube nucleus) والأخرى بالنواة المولدة (Generative Nucleus) ثم يتغلظ غلاف حبة اللقاح لحمايتها.



(شكل ١٤) مراحل نضج المبيض والمتك

- فى هذه الحالة يصبح المتك ناضجاً ، ويتحلل الجدار الفاصل بين كل كيسين متجاورين وتتفتح الأكياس وتصبح حبوب اللقاح جاهزة للانتشار .

ثانياً : تكوين البويضات

أثناء تكوين حبوب اللقاح في المتك - تحدث تغييرات مناظرة في المبيض على النحو التالي:

- تبدأ البويضة في الظهور كانتفاخ بسيط على جدار المبيض من الداخل ،ويحتوى خلية جرثومية أمية كبيرة ، ومع نمو البويضة يتكون لها عنق أو حبل سرى (Funicle) يصلها بجدار المبيض (ومن خلاله تصل إليها المواد الغذائية) ثم يتكون حولها غلافان (Integuments)يحيطان بها تماما فيما عدا ثقب صغير يسمى النقير (Micropyle) يتم من خلاله إخصاب البويضة.

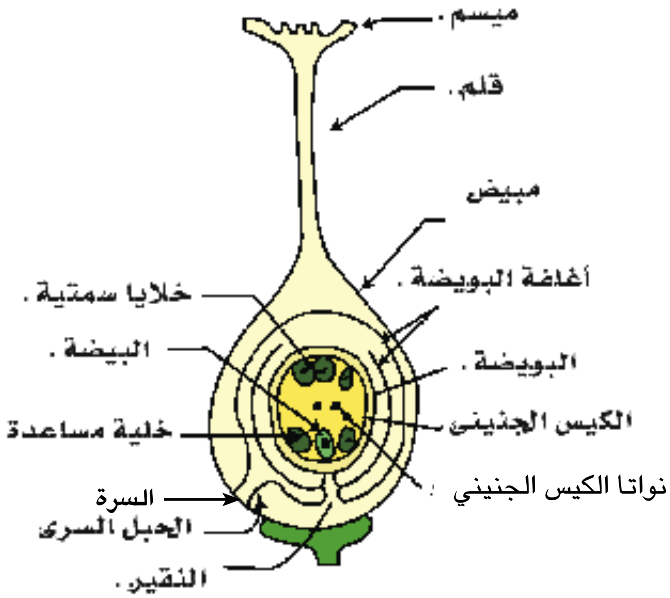
- في داخل البويضة تنقسم الخلية الجرثومية الأم (٢ن) ميوزيا لتعطى صفا من أربع خلايا بكل منها عدد فردى من الصبغيات (ن) ثم تتحلل ثلاثة من هذه الخلايا ، وتبقى واحدة لتنمو بسرعة وتكون الكيس الجنينى (Embryo Sac) الذى يحيط به نسيج غذائي يسمى النيوسيلة (Nucellus)

- في داخل الكيس الجنينى تتم المراحل التالية :-

١- تنقسم النواة (ميتوزيا) ثلاث مرات لإنتاج ٨ أنوية تهاجر ٤ إلى كل من طرفي الكيس الجنينى.

٢- تنتقل واحدة من كل الأربعة أنوية السابقة إلي وسط الكيس الجنينى وتعرفان بالنواتين القطبيتين . (Polar Nuclei)

٣- تحاط كل نواة من الثلاث الباقية فى كل من طرفي الكيس الجنيني بكمية من السيتوبلازم وغشاء رقيق لتكون خلايا .



شكل (١٥) قطاع فى مبيض ناضج

٤- تنمو من الثلاث خلايا القريبة من النقير واحدة وسطية لتصبح البيضة (egg) وتعرف الخليتان اللتان على جانبيها بالخليتين المساعدتين (Synergids) كما تعرف الخلايا الثلاث البعيدة عن النقير بالخلايا السمتية (Antipodal Cells) وتصبح البيضة بعد ذلك جاهزة للإخصاب (شكل ١٥) .

ثالثا : التلقيح والإخصاب :-

أ. عملية التلقيح : هى انتقال حبوب اللقاح من المتك إلى ميسم الزهرة

■ **أنواع التلقيح :**

١- تلقيح ذاتي : إنتقال حبوب اللقاح من متك زهرة إلي ميسم نفس الزهرة أو إلي ميسم زهرة أخرى على نفس النبات

٢- تلقيح خلطي : انتقال حبوب اللقاح من متك زهرة على نبات إلى ميسم زهرة على نبات آخر من نفس النوع.

■ يشيع التلقيح الخلطي بين النباتات تبعا'' لتوافر عوامل معينة مثل

- آن تكون الأزهار وحيدة الجنس
- نضج أحد شقى الأعضاء الجنسية قبل الأخر .
- آن يكون مستوى المتك منخفضا'' عن مستوى الميسم .

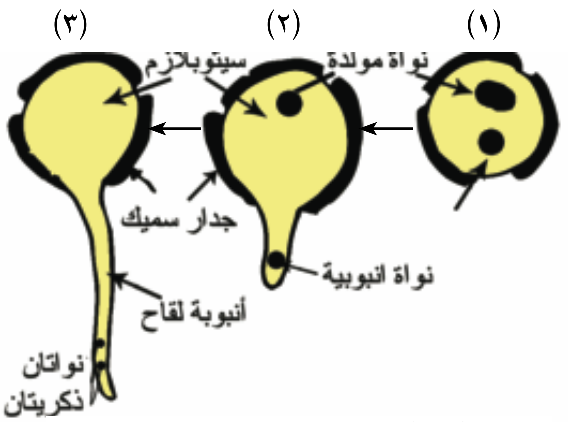
■ يحتاج التلقيح الخلطي إلى وسائل لنقل حبوب اللقاح مثل الهواء - الحشرات - الماء - الإنسان.

ب - عملية الإخصاب :-

يحدث الإخصاب حسب المراحل التالية :

١- إنبات حبوب اللقاح

عندما تسقط حبوب اللقاح على الميسم تبدأ في الإنبات حيث تقوم النواة الأنبوبية بتكوين أنبوبة لقاح تخترق الميسم والقلم وتصل حتى موقع النقير في المبيض ثم تتلاشى النواة الأنبوبية بينما تنقسم النواة المولدة انقساماً ميتوزياً فيتكون نواتين ذكريتين (شكلى ١٦،١٧)



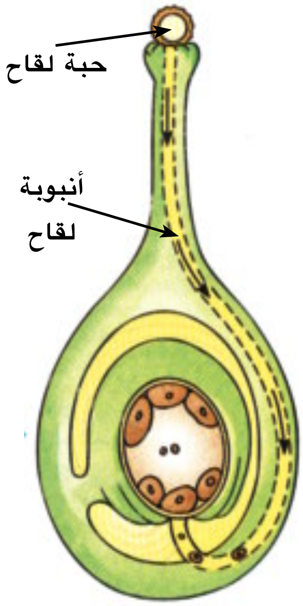
شكل (١٦) مراحل انبات حبة اللقاح

شكل (١٧) حبة اللقاح تحت الميكروسكوب

تنتقل نواة ذكرية (ن) من حبة اللقاح إلى البويضة من خلال أنبوبة اللقاح وتندمج مع نواة البيضة (ن) فيتكون الزيجوت (٢ن) ثم ينقسم مكونا'' الجنين (٢ن) شكل «١٨».

- تنتقل النواة الذكرية الثانية (ن) إلى البويضة لتندمج مع النواة الناتجة من اندماج نواتا الكيس الجنينى (٢ن) لتكوين نواة الأندوسبرم (٣ن) وتعرف المرحلة الأخيرة باسم الاندماج الثلاثي، وتسمى مرحلتى الإخصاب بالإخصاب المزدوج.

- تنقسم نواة الأندوسبرم لتعطى نسيج الأندوسبرم لتغذية الجنين في مراحل نموه الأولى. ويبقى هذا النسيج خارج الجنين فيشغل جزءاً من البذرة.



شكل (١٨) عملية الإخصاب

نواة ذكرية (ن) + نواة البيضة (ن) ⟵ زيجوت (٢ن) ⟵ جنين (٢ن)

نواة ذكرية (ن) + نواتا الكيس الجنيني (٢ن) ⟵ نواة الإندوسبرم (٣ ن)

٢- تكوين البذرة والثمرة:

- قد يحتفظ الجنين بالأندوسبرم ويظل موجود وتسمى البذور في هذه الحالة (بذور إندوسبرمية) ومثل بذور ذات الفلقة الواحدة حيث تلتحم فيها أغلفة المبيض مع أغلفة البويضة لتكوين ثمرة بها بذرة واحدة وتعرف حينئذ بالحبة مثل القمح والذرة.

- وقد يتغذى الجنين على الأندوسبرم أثناء تكوينه وتسمى البذور في هذه الحالة (بذور لا اندوسبرمية) مما يضطر النبات إلى تخزين غذاء أخر للجنين في الفلقتين وتسمى بذور ذات فلقتين حيث تتصلب الأغلفة البيضية لتكوين القصرة ويطلق عليها اسم (بذرة) مثال بذور الفول والبسلة.

بعد حدوث الإخصاب يذبل الكأس والتويج والطلع والقلم والميسم ولا تبقى من الزهرة سوى مبيضها الذى يختزن الغذاء ويكبر في الحجم وينضج ويتحول إلى ثمرة بفعل هرمونات يفرزها المبيض، ويصبح جدار المبيض هو غلاف الثمرة ويصبح جدار البويضة غلافا'' للبذرة وتتحلل الخليتان المساعدتان والخلايا السمتية ويبقى النقير ليدخل منه الماء إلى البذرة عند الانبات .

- هناك بعض الثمار التى يمكنها أن تحتفظ بأجزاء من الزهرة مثل :-

- ثمرة الرمان تبقى بها أوراق الكأس والأسدية .
- ثمرة الباذنجان والبلح يبقى بها أوراق الكأس .

■ ثمرة القرع يبقى بها أوراق التويج .

- الثمرة الكاذبة : False Fruits

هى الثمرة التى يتشحم فيها أى جزء غير مبيضها بالغذاء مثال ثمرة التفاح الذى يتشحم فيها التخت

مما سبق نستنتج أن التلقيح يوفر للزهرة الخلايا الذكرية اللازمة لعملية الإخصاب فى البويضة التى تكون البذرة كما يحفز نشاط الأوكسينات اللازمة لنمو المبيض إلى ثمرة ناضجة حتى لو لم يحدث إخصاب.

- الإثمار العذرى : Parthenocarpy

هو تكوين ثمرة بدون بذور لأنها تتكون بدون عملية الإخصاب مثال الموز والأناناس ويمكن حدوث هذا صناعيا برش المياسم بخلاصة حبوب اللقاح (حبوب لقاح مطحونة في الاثير الكحولي) أو استخدام اندول أو نافثول حمض الخليك لتنبيه المبيض لتكوين الثمرة .

- يؤدى نضج الثمار والبذور غالبا إلى تعطيل النمو الخضري للنبات، وأحيانا إلى موته، وخاصة فى النباتات الحولية بسبب استهلاك المواد الغذائية المختزنة وتثبيط الهرمونات، فإذا لم يتم التلقيح والإخصاب تذبل الزهرة وتسقط دون تكوين الثمرة .

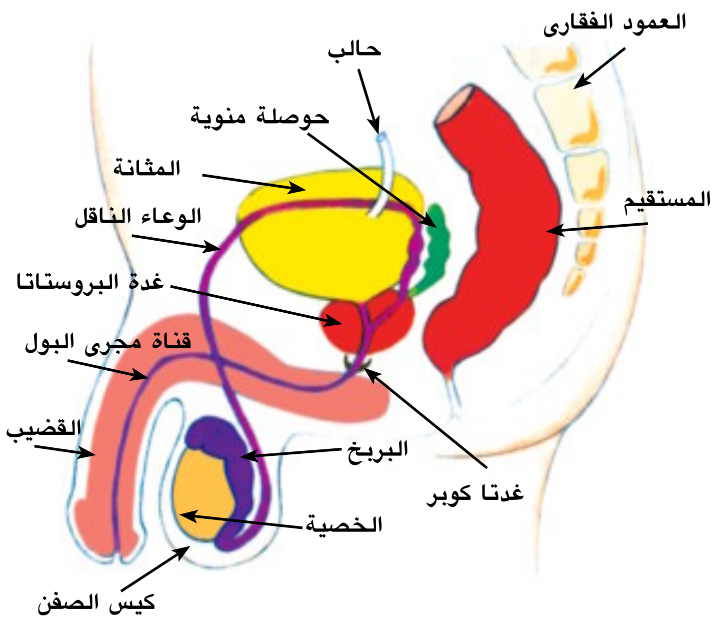
التكاثر فى الإنسان

ينتمى الإنسان إلى طائفة الثدييات التى تتميز بحمل الجنين حتى الولادة ، ولذا تكون بويضاتها صغيرة وشحيحة المح ، كما أن إنتاجها للصغار محدود نظرا'' لما تلقاه من رعاية الأبوين وتصل هذه الرعاية أقصاها فى الإنسان الذى يحتاج وليده إلى سنوات طوال من التربية ، نظرا'' لتقدم عقله وتميز هيئته ، التى حباه الله وميزه على سائر المخلوقات .

الجهاز التناسلي الذكرى

يتكون جهاز التناسل الذكرى للإنسان (شكل ١٩) من خصيتين تخرج من كل منهما قنوات البربخ والوعاء الناقل وغدد ملحقة وقناة مجرى البول، ويقوم هذا الجهاز بوظيفة إنتاج الحيوانات المنوية وهرمونات الذكورة ، التى تسبب ظهور صفات الرجل الثانوية، كخشونة الصوت وقوة العضلات ونمو الشعر على الوجه....الخ

(أ) الخصيتان : يحاطان بكيس الصفن الذى يتدلى خارج تجويف البطن ، وقد انتقلت الخصيتان إليه من داخل ذلك التجويف وهو جنين فى أشهر الحمل الأخيرة، ويهيى بقائهما فى ذلك الوضع انخفاض درجة حرارتها عن حرارة الجسم بما يناسب تكوين الحيوانات المنوية بهما ولو تعطل خروجهما لتوقف إنتاج المنى فيهما مما يسبب العقم .



شكل (١٩) الجهاز التناسلى الذكرى فى الإنسان

أهمية الخصية :

١- إنتاج حيوانات منوية

٢- إفراز هرمون التستوستيرون الذى يؤدى إلى ظهور الصفات الثانوية الذكرية عند البلوغ.

(ب) البربخان : تخرج من كل قاعدة خصية قناة تلتف حول بعضها تسمى البربخ وتصب في قناة واحدة تسمى الوعاء الناقل .

(ج) الوعاءان الناقلان : يقوم كل وعاء بنقل الحيوانات المنوية من البربخ إلي مجرى البول.

(د) الحوصلتان المنويتان : تفرز سائل قلوى يحتوي علي سكر فركتوز لتغذية الحيوانات المنوية

(هـ) غدة البروستاتا وغدتا كوبر : تفرزان سائل قلوى يعمل على معادلة الوسط الحمضى في قناة مجرى البول لكي يصبح وسط متعادل مناسب لمرور الحيوانات المنوية فيه وهذا السائل القلوي يمر في قناة مجرى البول قبل مرور الحيوانات المنوية فيها مباشرة .

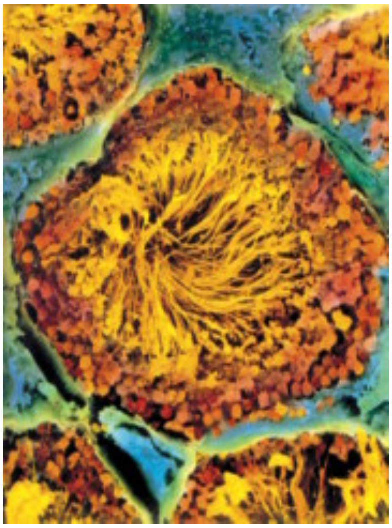
(و) القضيب : عضو يتكون من نسيج اسفنجى تمر فيه قناة مجرى البول ، حيث ينتقل من خلالها البول والحيوانات المنوية كلٌ على حدة .

دراسة قطاع عرضى فى الخصية

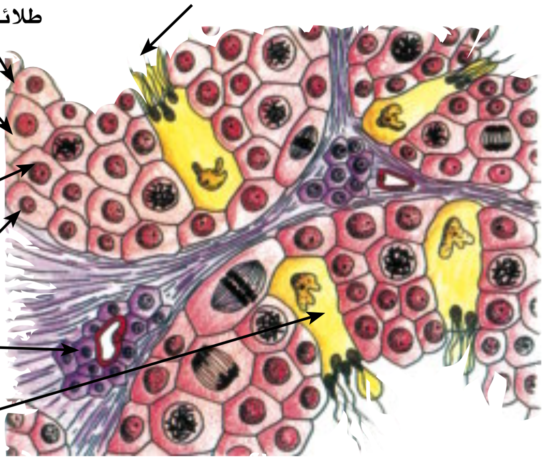
تتكون الخصية من انيبيبات منوية ، توجد فيما بينها خلايا بينية تفرز هرمون التستوستيرون.

- يوجد داخل كل انيبية منوية خلايا تسمي خلايا سرتولي تفرز سائل يعمل على تغذية الحيوانات المنوية داخل الخصية ويعتقد أن لها وظيفة مناعية أيضا.

- توجد خلايا مبطنة لكل انيبية منوية تسمى خلايا جرثومية أمية (٢ن) تنقسم هذه الخلايا وتكون في النهاية الحيوانات المنوية (شكل ٢٠ أ،ب)



(أ)



(ب)

شكل (٢٠) قطاع عرضى فى الخصية

مراحل تكوين الحيوانات المنوية :-

تمر عملية تكوين الحيوانات المنوية (شكل ٢١) بأربعة مراحل هامة هي :-

(أ) مرحلة التضاعف : هي المرحلة التى يحدث فيها انقسام ميتوزى عدة مرات فى الخلايا الجرثومية الأمية (٢ن) وينتج عن هذا الانقسام عدد كبير من الخلايا تسمى أمهات المنى (٢ن) .

(ب) مرحلة النمو : وفيها تختزن أمهات المنى قدراً من الغذاء وتتحول إلى خلايا منوية أولية (٢ن).

(ج) مرحلة النضج : تحدث فى هذه المرحلة انقسام ميوزى اول للخلايا المنوية الأولية (٢ن) فتعطى خلايا منوية ثانوية (ن) التى تنقسم انقسام ميوزى ثان فتعطى طلائع منوية (ن)

تلاحظ في مرحلة النضج حدوث اختزال في عدد الصبغيات إلى النصف .

(د) مرحلة التشكل النهائى : وفيها تتحول الطلائع المنوية إلى حيوانات منوية.

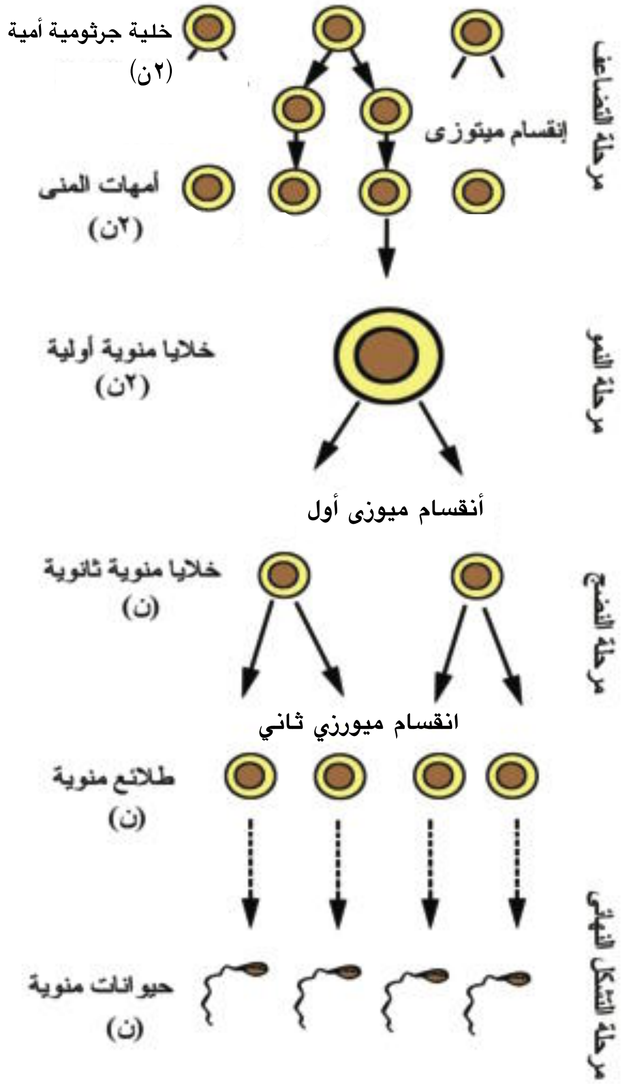
تركيب الحيوان المنوى : يتكون من

(أ) الـرأس : تحتوى على نـواة بها ٢٣ كرموسوم، وفى مقدمة الرأس يوجد جسم قمى Acrosome يفرز إنزيم الهيالويورنيز، ويعمل هذا الانزيم على إذابة جزء من غلاف البويضة مما يسهل من عملية أختراق الحيوان المنوى للبويضة .

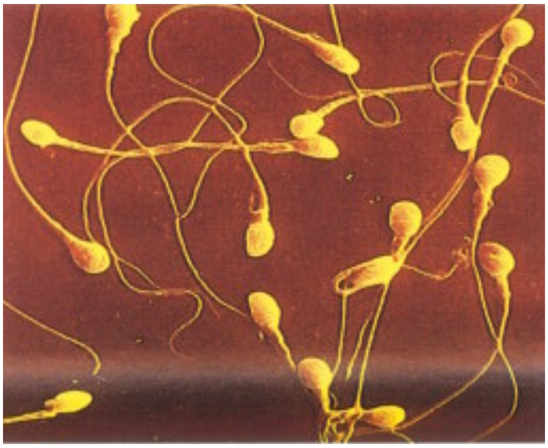
(ب) العنق: يحتوى سنتريولان يلعبان دوراً فى انقسام البويضة المخصبة .

(ج) القطعة الوسطى: تحتوى ميتوكوندريا تكسب الحيوان المنوى الطاقة اللازمة لحركته.

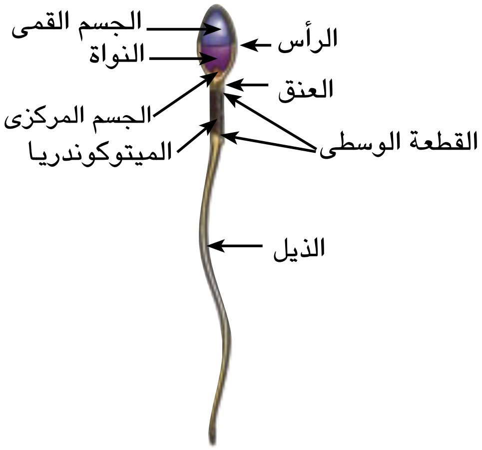
(د) الذيل: يتكون من محور و ينتهي بقطعة ذيليه ،ويساعد على حركة الحيوان المنوى .



شكل (٢١) خطوات تكوين الحيوان المنوى



(شكل ٢٢ أ) حيوانات منوية تحت المجهر

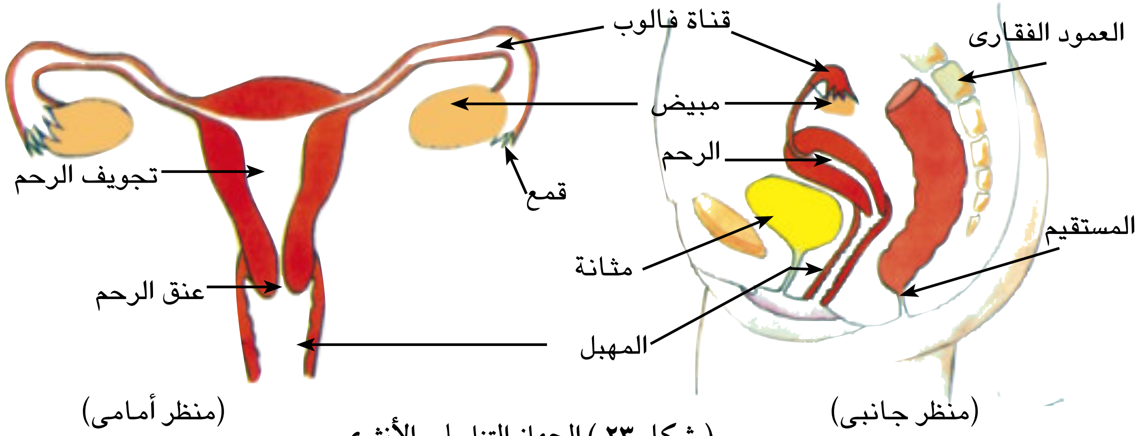


شكل (٢٢ - ب) تركيب الحيوان المنوى

الجهاز التناسلى الأنثوى:

يتكون جهاز التناسل الأنثوى للأنسان من المبيضين وقناتى المبيض والرحم والمهبل. ويقوم هذا الجهاز بوظائف إنتاج البويضات و هرمونات الأنوثة .إلى جانب تهيئة مكان أمين لإتمام إخصاب البويضة وإيواء الجنين حتى الولادة (شكل٢٣).

وتتجمع أعضاء هذا الجهاز فى منطقة الحوض خلف المثانة ،وتتثبت فى مكانها بأربطة مرنة تسمح لها بالتمدد أثناء حمل الجنين.



(شكل ٢٣) الجهاز التناسلى الأنثوى

أ- المبيضان (Ovaries): يوجدان على جانبى تجويف الحوض . والمبيض بيضاوى الشكل في حجم اللوزة المقشورة ويحوى أثناء الطفولة عدة آلاف من البويضات فى مراحل نمو مختلفة ، وبعد البلوغ تنضج من تلك الألاف حوالى ٤٠٠ بويضة فقط خلال سنوات الخصوبة والتى يمكن أن يحدث بها الإنجاب التى تستمر حوالى ٣٠ سنة بعد البلوغ، وذلك بمعدل بويضة واحدة من أحد المبيضين بالتبادل مع الآخر شهريًا يفرز المبيض هرمونات البلوغ وهرمونات تنظيم دورة الطمث وتكوين الجنين.

ب- قناتى فالوب (Fallopian tubes) : تفتح كل قناة منهما بواسطة قمع ، يقع مباشرة أمام المبيض وذلك لضمان سقوط البويضات فى قناة فالوب بالإضافة لوجود زوائد إصبعية تعمل على التقاط البويضة، وتبطن قناة فالوب بأهداب تعمل على توجية البويضات نحو الرحم .

ج-الرحم (Uterus) : عبارة عن كيس عضلى مرن يوجد بين عظام الحوض و مزود بجدار عضلى سميك قوى ، ويبطن الرحم بغشاء غدى وينتهى بعنق ويفتح فى المهبل . ويتم بداخلة تكوين الجنين لمدة تسعة أشهر .

د - المهبل : قناة عضلية يصل طولها إلى حوالى ٧ سم ، وتبدأ من عنق الرحم وتنتهى بالفتحة التناسلية ، والمهبل مبطن بغشاء يفرز سائل مخاطى يعمل على ترطيب المهبل ، وبه ثنيات تسمح بتمدده خاصة اثناء خروج الجنين.

تتغير حالة الجهاز التناسلى للأنثى بصفه دوريه بعد البلوغ (عند عمر ١٢-١٥ سنه) تبعاً لنشاط المبيض والرحم وما يرتبط بهما من إخصاب وحمل ، أو عدم حدوث حمل ونزول النزيف الشهرى المعروف بالطمث .وعند عمره٤٥-٥٠ سنة يتوقف نشاط المبيضين فتقل الهرمونات وتنكمش بطانة الرحم ويتوقف حدوث الطمث (Menopause) .

دراسة قطاع عرضى فى المبيض:

يلاحظ من دراسة القطاع العرضى فى المبيض (شكل ٢٤) أنه يتكون من مجموعة من الخلايا تكون فى مراحل مختلفة ، وتكون البويضة داخل حويصلة جراف ، وتتحول إلى جسم أصفر بعد تحرر البويضة منها .

شكل (٢٤) قطاع عرضى فى المبيض

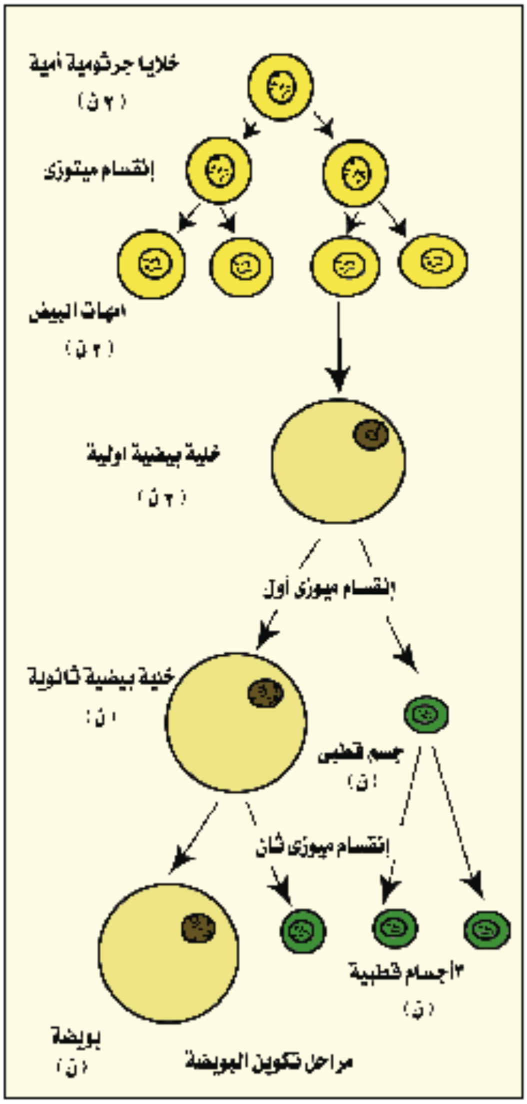
مراحل تكوين البويضة:

تتم عملية تكوين البويضة فى ثلاث مراحل هامة (شكل ٢٥) هى :

(أ) مرحلة التضاعف: تنقسم الخلايا الجرثومية الأمية (٢ن) انقسام ميتوزى فتتكون خلايا تسمى أمهات البيض (٢ ن) (تحدث هذه المرحله فى الجنين) .

(ب) مرحلة النمو: تختزن أمهات البيض (٢ ن) قدر من الغذاء وتكبر فى الحجم وتتحول إلى خلايا بيضية أولية (٢ ن) (تحدث هذه المرحلة فى الجنين).

(ج) مرحلة النضج: تنقسم الخلية البيضية الأولية انقسام ميوزى أول فينتج خلية بيضية ثانوية وجسم قطبى كل منهما (ن) وتكون الخلية البيضية أكبر من الجسم القطبى ، وتنقسم الخلية البيضية الثانوية (ن) انقسام ميوزى ثانٍ فتعطى بويضة وجسم قطبى وقد ينقسم الجسم القطبى الآخر انقسام ميوزى ثان فينتج جسمان قطبيان وتكون المحصلة ثلاث أجسام قطبية ويتم الانقسام الميوزى الثانى لحظة دخول الحيوان المنوى داخل البويضة لاتمام عملية الاخصاب



(شكل ٢٥)

تحتوى البويضة سيتوبلازم ونواة و تغلف بطبقة رقيقة متماسكة بفعل حمض الهيالويورنيك ، وتعمل إنزيمات الجسم القمى للحيوانات المنوية على إذابتها عند موضع الاختراق ، لذا تحتاج عملية اختراق البويضة إلى ملايين من الحيوانات المنوية.

دورة التزاوج: Breeding Cycle

توجد فى حياة الثدييات المشيمية عامة والتى منها الإنسان فترات معينة ، ينشط فيها المبيض فى الأنثى البالغة بصفة دورية منتظمة،تتزامن مع وظيفة التزاوج والإنجاب فيها فتعرف بدورة التزاوج، وتختلف مدة هذه الدورات فى الثدييات المختلفة فهى سنوية كما فى الأسد والنمر و نصف سنوية كما فى القطط والكلاب، وشهرية كما فى الأرانب والفئران، أما فى الإنسان فتعرف باسم الدورة الشهرية (دورة الطمث) ومدتها ٢٨ يومًا ويتبادل المبيضان فى إنتاج البويضات.

دورة الطمث (الحيض): Menstrual Cycle

تنقسم دورة الحيض (شكل ٢٦) إلى ثلاثة مراحل كما يلى :

أ - مرحلة نضج البويضة :

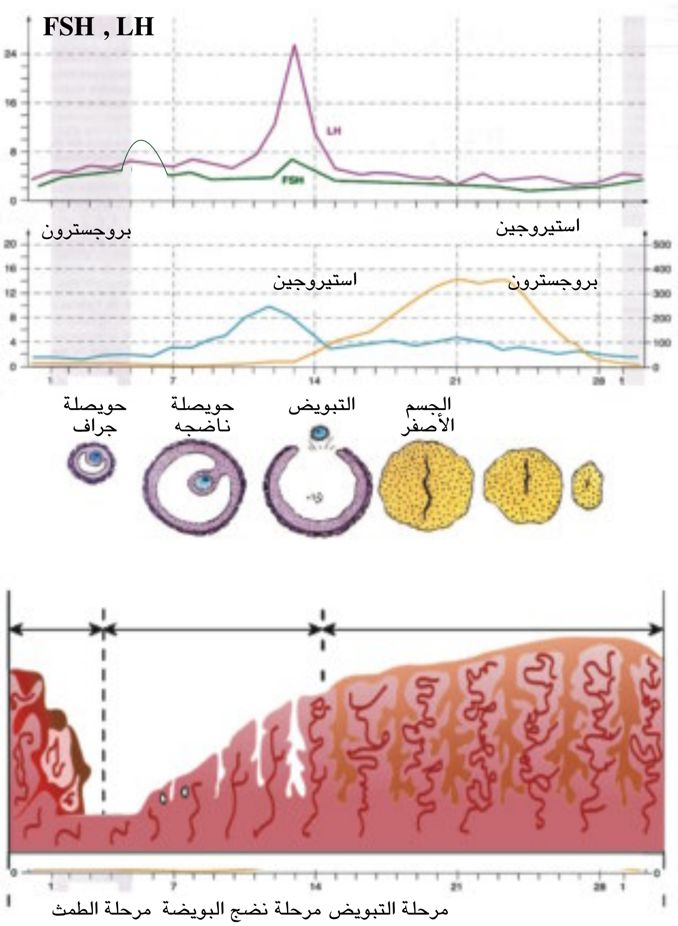
يفرز الفص الأمامى للغدة النخامية هرمون يسمى الهرمون التحوصل (F.S.H) هذا الهرمون يحفز المبيض لإنضاج حويصلة جراف (Graafian follicle) المحتوية على البويضة. يستغرق نمو حويصلة جراف حوالى عشرة أيام.

تفرز حويصلة جراف أثناء نموها هرمون الاستيروجين (Estrogen) الذى يعمل على إنماء بطانة الرحم.

ب-مرحلة التبويض:

تبدأ هذه المرحلة عندما يفرز الفص الأمامى للغدة النخامية هرمون يسمى الهرمون المصفر L H هذا الهرمون يُفرز فى اليوم الرابع عشر من بدء الطمث ، ويؤدى إلى إنفجار حويصلة جراف وتحرر البويضة وتكون الجسم الأصفر من بقايا حويصلة جراف.

يفرز الجسم الأصفر هرمون البروجسترون (Progestrone) ، يعمل هذا الهرمون على زيادة سمك بطانة



شكل (٢٦) مخطط دورة الطمث

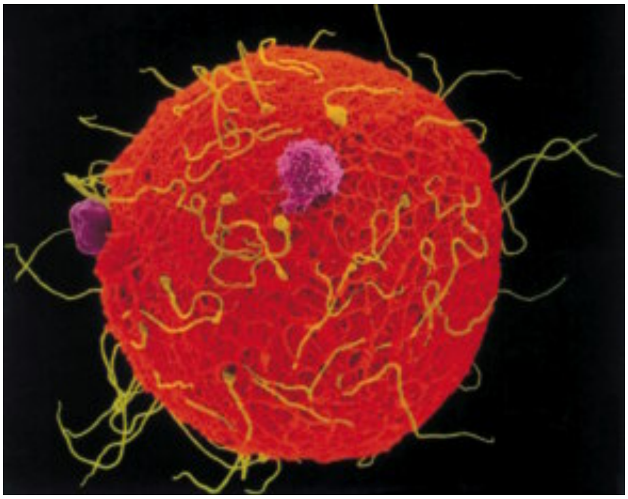
مطابع روز اليوسف

الرحم وزيادة الإمداد الدموى بها، يستمر هذا الطور حوالى ١٤ يوم.

ج- مرحلة الطمث:

إذا لم تخصب البويضة ، يبدأ الجسم الأصفر فى الضمور التدريجى ويقل إفراز هرمون البروجسترون ، ويؤدى ذلك إلى تهدم بطانة الرحم وتمزق الشعيرات الدموية بسبب انقباضات الرحم مما يؤدى إلى خروج الدم فيما يسمى "بالطمث" الذى يستغرق من ٣-٥ أيام وتبدأ دورة جديدة للمبيض الآخر، أما فى حالة حدوث إخصاب للبويضة ، يبقى الجسم الأصفر ليفرز هرمونى البروجسترون بما يمنع التبويض فتتوقف الدورة الشهرية لما بعد الولادة ، ويصل الجسم الأصفر لأقصى نموه فى نهاية الشهر الثالث للحمل ثم يبدأ فى الإنكماش فى الشهر الرابع ،حينما تكون المشيمة قد تقدم نموها فى الرحم و تصبح قادرة على إفراز هرمون البروجسترون فتحل محل الجسم الأصفر فى إفراز هذا الهرمون الذى ينبه الغدد الثديية على النمو التدريجى ، تحلل الجسم الأصفر قبل الشهر الرابع (أى قبل إكتمال نمو المشيمة) يؤدى إلى الإجهاض.

الاخصاب:



(شكل ٢٧) إخصاب البويضة

هو إندماج المشيج المذكر (الحيوان المنوى) مع المشيج المؤنث (البويضة) لتكون الزيجوت الذى ينقسم مكوناً الجنين.

- بعد تحرر البويضة فى اليوم الرابع عشر من بدء الطمث تكون جاهزه للإخصاب فى خلال يومين، ويتم إخصابها فى الثلث الاول من قناة فالوب.

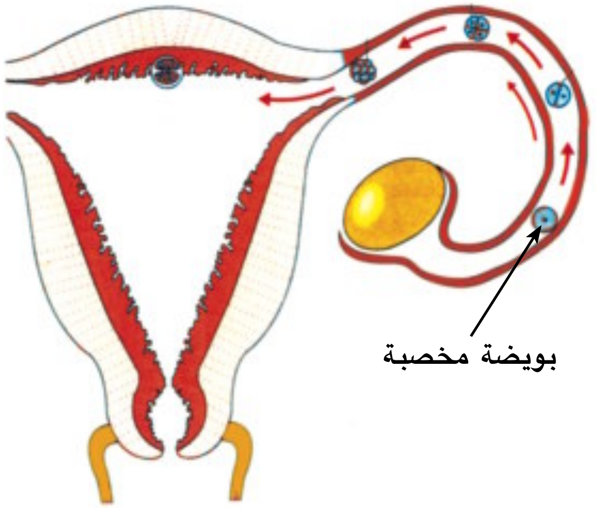
- عدد الحيوانات المنوية التى تخرج من الرجل فى كل تزاوج تتراوح ما بين ٣٠٠-٥٠٠ مليون حيوان منوي يفقد الكثير منها أثناء رحلتها إلى البويضة و لذلك قد يعتبر الرجل عقيماً إذا كان عدد الحيوانات المنوية عند التزاوج أقل من ٢٠ مليون حيوان منوى.

-تشترك الحيوانات المنوية معاً فى إفراز إنزيم الهيالويورنيز ، الذى يذيب جزء من غلاف البويضة فيدخل حيوان منوى واحد .(يدخل الرأس و العنق فقط) (شكل٢٧)

-يمكن للحيوانات المنوية أن تبقى حية داخل الجهاز التناسلى المؤنث حوالى ٢-٣ يوم .

-بعد الإخصاب تحيط البويضة نفسها بغلاف يمنع دخول أى حيوان منوى آخر.

الحمل ونمو الجنين:



شكل (٢٨) تفلج البويضة المخصبة

تنقسم اللاقحة (الزيجوت) بعد يوم واحد من الإخصاب فى بداية قناة فالوب إلى خليتين (فلجتين) بالإنقسام الميتوزى ثم تتضاعف لأربعة خلايا فى اليوم التالى ، ثم يتكرر الإنقسام حتى تتحول إلى كتلة من الخلايا الصغيرة تعرف بأسم التوتية (Morula) التى تهبط بدفع أهداب قناة فالوب لها لتصل إلى الرحم وتنغمس بين ثنايا بطانه الرحم السميك فى نهاية الأسبوع الأول. (شكل ٢٨).

وتتميز بطانة الرحم بالإمداد الدموى اللازم لتكوين الجنين طوال أشهر الحمل التسعة.

الأغشية الجنينية:

يتزايد نمو الجنين ، ويتدرج بناء الأنسجة وتكوين الأعضاء و ينشأ حول الجنين غشاءان ، الخارجى يسمى السّلى (Chorion)، والداخلى يسمى الرهل .(Amnion).

(أ) غشاء الرهل:

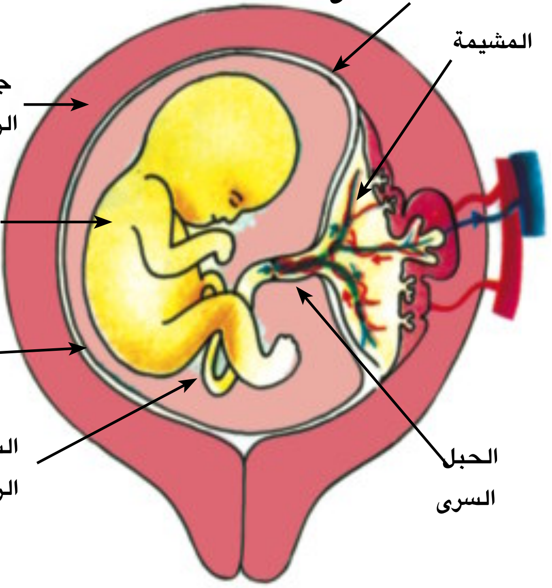
هو غشاء يحيط بالجنين ويحتوى على سائل يحمى الجنين من الجفاف وتحمل الصدمات.

- يتصل الجنين بالمشيمة بواسطة الحبل السرى(Umbilical Cord) الذى يصل طوله حوالى ٧٠ سم ليسمح بحرية حركة أكبر للجنين و الحبل السرى نسيج غنى بالشعيرات الدموية التى تقوم بنقل المواد الغذائية المهضومة و الفيتامينات الماء والأملاح والأكسجين من المشيمة إلى الدورة الدموية للجنين وتقوم بنقل المواد الإخراجية وثانى أكسيد الكربون من الدورة الدموية للجنين إلى المشيمة.

(ب) غشاء السّلى :

هو غشاء يحيط حول غشاء الرهل ، ووظيفته حماية الجنين ، يخرج من غشاء السّلى بروزات أو خملات اصبعية الشكل تنغمس داخل بطانة الرحم وتتلامس فيها الشعيرات الدموية لكل من الجنين والأم وتسمى المشيمة (شكل ٢٩) .

مطابع روز اليوسف



شكل (٢٩) الجنين والأغشية الجنينية

أهمية المشيمة :

١- نقل المواد الغذائية المهضومه و الماء والأكسجين و الفيتامينات من دم الأم إلى دم الجنين بالانتشار وتخلص الجنين من المواد الإخراجية دون أن يختلط دم الجنين بدم الأم.

٢- إفراز هرمون البروجسترون بدءاً من الشهر الرابع من الحمل حيث يضمر الجسم الأصفر، وتصبح المشيمة هى مصدر إفراز هرمون البروجسترون .

تقوم المشيمة أيضا بنقل العقاقير و المواد الضارة مثل الكحول و النيكوتين و الفيروسات من دم الأم إلى الجنين ، مما يسبب له أضراراً بالغة و تشوهات وأمراض.

تنقسم فترة تكوين الجنين إلى ثلاثة مراحل هى :

(أ) المرحلة الأولى : وتشمل الشهور الثلاثة الأولى من الحمل ، حيث يبدأ تكوين الجهاز العصبي و القلب (فى الشهر الأول) وتتميز العينان و اليدان ، ويتميز الذكر عن الأنثى (تتكون الخصيتين فى الأسبوع السادس و يتكون المبيضين فى الأسبوع الثانى عشر) ويكون له القدرة على الاستجابة.

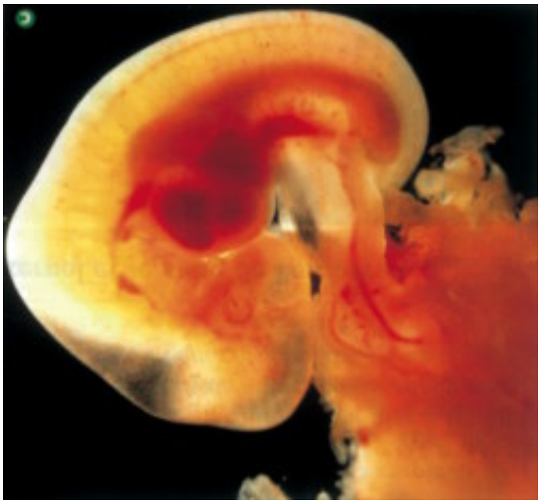
(ب) المرحلة الثانية : تشمل الشهور الثلاثة الوسطى ، حيث يكتمل نمو القلب و يسمع دقاته ... ويتكون الجهاز العظمى .و تكتمل أعضاء الحس ويزداد فى نمو الحجم (شكل ٣٠) .

(ج) المرحلة الثالثة: تشمل الشهور الثلاثة الأخيرة، حيث يكتمل نمو المخ ويتباطأ نمو الجنين فى الحجم ويستكمل نمو باقى الأجهزة الداخلية. فى الشهر التاسع يبدأ تفكك المشيمة ويقل البروجسترون و يقل تماسك الجنين بالرحم ، إستعداداً للولادة، ثم يبدأ المخاض بإنقباض عضلات الرحم بشكل متتابع مما

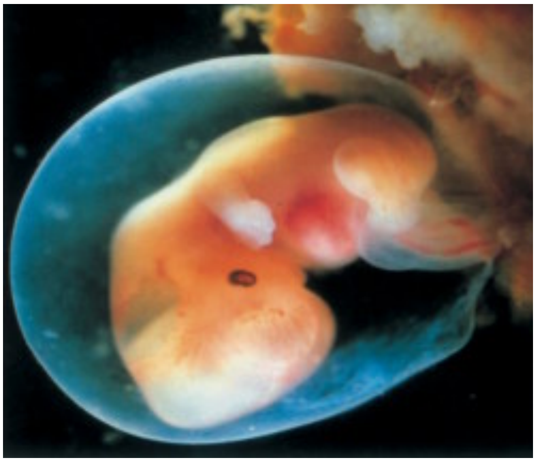
يدفع بالجنين إلى الخارج و يبدأ بصرخة يعمل على أثرها جهازه التنفسي ، ثم تنفصل المشيمة من جدار الرحم وتُطرد للخارج، ثم يتم قطع الحبل السرى من جهة المولود ، ويتحول غذاؤه إلى لبن الأم بتنبيه هرمونى من الغدة النخامية إلى ثدى الأم ، ليفرز فيتغذى الوليد بأثمن غذاء جسدى وعاطفى، يحميه من كثير من الاضطرابات العضوية والنفسية فى المستقبل.

وقد لوحظ أن عمر الأنثى المناسب للحمل ما بين ١٨و٣٥ سنة -فإذا قل أو زاد عن ذلك تعرض كل من الأم و الجنين لمتاعب خطيرة ، كما تزداد احتمالات التشوه الخلقى بين أبنائها، كما أن الإنجاب من زوج مسن قد يؤدى لنفس النتيجة فى الأبناء .

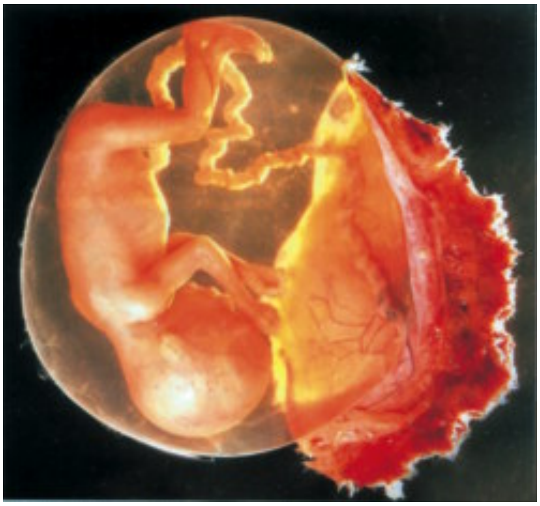
ملحوظة : تختلف مدة الحمل بإختلاف نوع الكائن :فهى١٢ يوم فى الفأر - ١٥٠ يوم فى الأغنام - ٢٧٠ يوم فى الإنسان .



(أ)



(ب)



(جـ)

شكل (٣٠) تكوين الجنين

مطابع روز اليوسف

وسائل منع الحمل

يتم منع الحمل بعدة طرق:

١- **الأقراص:** تحتوى على هرمونات صناعية تشبة الاستيروجين والبروجيستيرون، يبدأ استخدامها بعد انتهاء الطمث و لمدة ثلاثة أسابيع ، تمنع هذه الحبوب عملية التبويض .

٢- **اللولب:** يستقر فى الرحم فيمنع أستقرار البويضة المخصبة فى بطانته .

٣- **الواقى الذكرى:** يمنع دخول الحيوانات المنوية إلى المهبل .

٤- **التعقيم الجراحى :** عن طريق ربط قناتى فالوب فى المرأة أو قطعهما فلا يحدث إخصاب للبويضات التى ينتجها المبيض ،أوتعقيم الرجل بربط الوعاءين الناقلين أو قطعهما فلا تخرج خلالها الحيوانات المنوية.

تعدد المواليد :

عادة ما يولد جنين واحد فى كل مره ، وفى بعض الأحيان تتعدد المواليد حتى ستة فى نفس الوقت ، لكن أكثرها شيوعاً هى التوائم الثنائية، حيث نسبتها العالمية ١ :٨٦ ولادة فردية ، وتندر التوائم المتعددة ، وهناك نوعان من التوائم ..

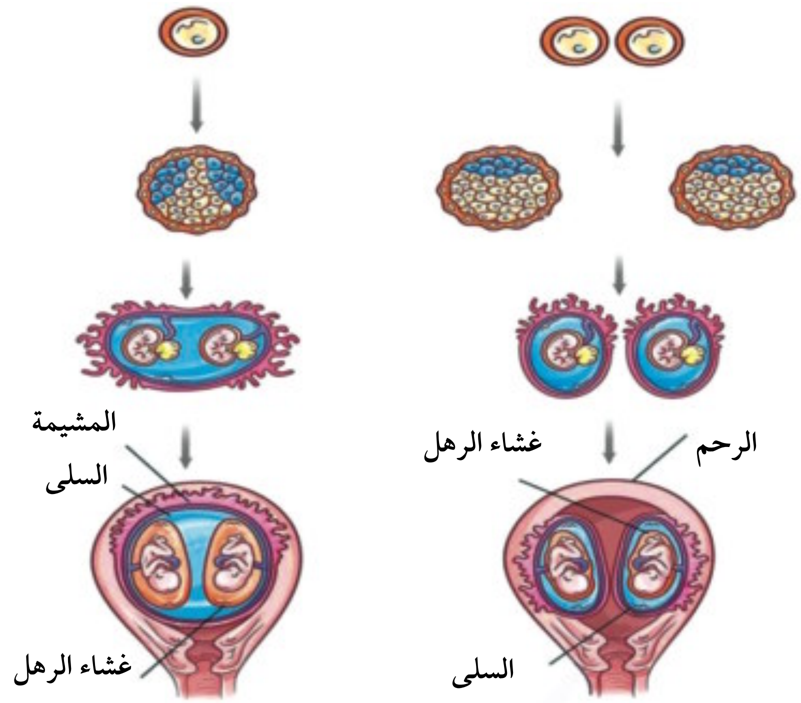
شكل (٣١) توأم متماثل

(أ) توائم متآخية- غير متماثلة (ثنائية اللاقحة) (Dizygotic Twins) :

تحدث نتيجة تحرر بويضتين (من مبيض واحد أو كليهما) وإخصاب كل منهما بحيوان منوى على حدة فيتكون جنينين مختلفين وراثياً ولكل منهما كيس جنينى و مشيمة مستقلة (شكل ٣٢ - أ) فهما لا يزيدان عن كونهما شقيقين لهما نفس العمر.

(ب) توائم متماثلة (أحادية اللاقحة) (Mnozygotic Twins) :

تنتج من بويضة واحدة مخصبة بحيوان منوى واحد ، وأثناء تفلجها تنقسم إلى جزئين، كل جزء منها يكون جنيناً ،تجمعهما مشيمة واحدة (شكل ٣٢ - ب) ويكونا متطابقين تماماً فى جميع الصفات الوراثية، وقد يولد هذا التوأم ملتصقين فى مكان ما بالجسم فيعرف بالتوأم السيامي ويتم الفصل بينهما جراحياً فى بعض الحالات.

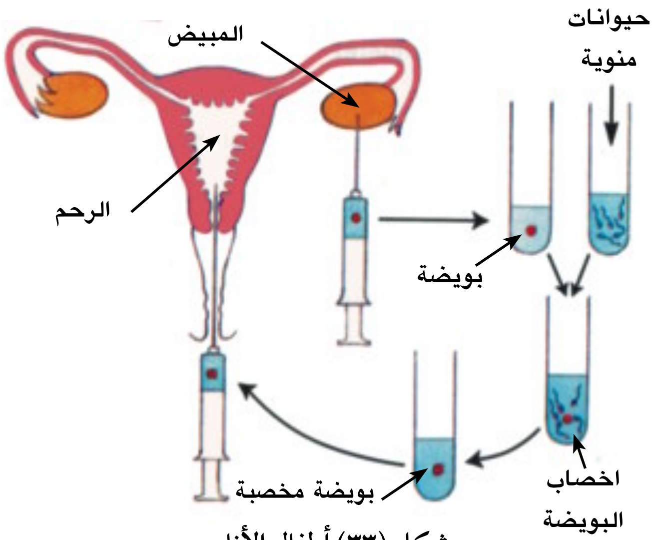


شكل (٣٢ - أ) توأم غير متماثل

شكل (٣٢ - ب) توأم متماثل

أطفال الأنابيب :

يتم فصل بويضة من مبيض المرأة وإخصابها بحيوان منوى من زوجها داخل أنبوبة اختبار، ورعايتها فى وسط مغذى حتى تصل إلى مرحلة التوتية ثم يعاد زرعها فى رحم الزوجة حتى يتم اكتمال تكوين الجنين (شكل٣٣).



شكل (٣٣) أطفال الأنابيب

زراعة الأنوية

اجريت تجارب زراعة الأنوية فى الضفادع والفئران حيث يتم إزالة الأنوية من خلايا أجنة الضفدعة فى مراحل مختلفة من النمو، وزراعتها فى بويضات غير مخصبة للضفادع سبق نزع أنويتها أو تحطيمها بالإشعاع - فمضت كل منها فى النمو العادى إلى أفراد ينتمون فى صفاتهم للأنوية المزروعه ، وثبت من ذلك أن النواة التى جاءت من خلية من جنين متقدم لا تختلف فى قدرتها على توجية نمو الجنين عن نواة اللاقحة نفسها.

بنوك الأمشاج

توجد فى بعض دول أوروبا وأمريكا بنوك للأمشاج الحيوانية المنتخبة وخاصة الماشية والخيول، بهدف الحفاظ عليها والإكثار منها وقت الحاجة ،وتُحفظ هذه الأمشاج فى حالة تبريد شديد (-١٢٠°م) لمدة تصل إلى ٢٠ سنة ، تُستخدم بعدها فى التلقيح الصناعي حتى بعد وفاة أصحابها أو تعرض بعض الأنواع النادرة منها للأنقراض ، كما يرغب بعض الناس فى الأحتفاظ بأمشاجهم فى تلك البنوك ضماناً لاستمرار أجيالهم حتى بعد وفاتهم بسنوات طويلة ، وتجرى بحوث للتحكم فى جنس المواليد فى حيوانات المزرعة حيث يمكن فصل الحيوانات المنوية ذات الصبغى (X) من الأخرى ذات الصبغى (Y) بوسائل معملية كالطرد المركزى أو تعريضها لمجال كهربى محدود ، وذلك بهدف تطبيق تلك التقنيات على الماشية لإنتاج ذكور فقط من أجل إنتاج اللحوم أو إناث فقط لإنتاج الألبان و التكاثر حسب الحاجة. وبعد ذلك - هل ستنجح هذه التقنية فى حالة الإنسان؟

الأنشطة العملية

١- الفحص المجهرى لتبرعم فطر الخميرة .

٢- الفحص المجهرى لفطر عفن الخبز .

٣- فحص فطر عيش الغراب .

٤- فحص الأقتران فى طحلب الاسبيروجيرا مجهرياً.

٥- فحص النبات الجرثومى والنبات المشيجى فى الفوجير.

٦- فحص تركيب زهره نموذجية .

٧- الفحص المجهرى لقطاع فى المتوك و فحص حبوب اللقاح.

٨- الفحص المجهرى لقطاع فى مبيض زهره والتعرف على مكوناته .

٩- فحص بعض الثمار مثل الطماطم والباذنجان و التفاح و الكوسة .

١٢- فحص قطاع فى مبيض فأر أو أرنب .

١٣- فحص قطاع فى خصيه فأر أو أرنب.

١٤- مشاهدة أفلام تتناول مراحل تكوين الجنين داخل الرحم .

مطابع روز اليوسف

أسئلة

س١ اختر الاجابة الأكثر دقة فى الأسئلة التالية:

١- متوسط المدى الذى تظل فيه البويضة حية داخل قناة فالوب

أ-ساعة ب- يوم ج- ١-٢ يوم د- ٣ ايام

٢- متوسط المدى الذى يظل فيها الحيوان المنوى حى داخل الجهاز التناسلى للأنثى .

أ- ساعة ب- يوم ج- ١-٢ يوم د- ٢-٣ يوم

٣- تحدث عملية إخصاب البويضة فى ..

أ- الرحم ج- بداية قناة فالوب

ب- النصف الأخير من قناة فالوب د- المبيض

٤- عند المرأة البالغة حيث دورة الطمث ، تستغرق ٢٨ يوم ، يحدث التبويض

أ - فى اليوم التاسع من بدأ الطمث ب - فى اليوم الرابع عشر من بدأ الطمث

ج- فى اليوم التاسع من إنتهاء الطمث د- فى اليوم الثانى عشر من بدأ الطمث

٥- إنغماس البويضة المخصبة فى بطانة الرحم يكون بعد

أ - يوم واحد بعد الاخصاب ج- ٧ أيام بعد الاخصاب

ب- ٤ أيام بعد الاخصاب د- ٥ ساعات بعد الاخصاب

٦- يفرز هرمون FSH وهرمون LH من :

أ- حويصلة جراف ب- الجسم الأصفر ج - بطانة الرحم د- الغدة النخامية

٧- من وظائف هرمون LH

أ-التبويض ج- ضمور الجسم الأصفر

ب- نمو حويصلة جراف د- نمو الغدد الثديية

س٢ (١) من بين المواد التالية: أى منها ينتقل من دم الأم إلى دم الجنين عبر المشيمة؟

أ- جلوكوز ب-الكحولات جـ- الفيروسات د-خلايا الدم الحمراء

هـ- الأحماض الأمينية و- الأكسجين

(٢) الحيوانات المنوية لاتسطيع أن تعيش إلا فى وسط غذائى لأنه لا يمكنها تخزين غذاء بداخلها.

أ - العبارتين صحيحتين وتوجد علاقة بينهما .

ب - العبارتين صحيحتين ولا توجد علاقة بينهما .

ج- العبارتين خاطئتين .

د- العبارة الأولى صحيحة و الثانية خاطئة .

هـ - العبارة الأولى خاطئة و الثانية صحيحة .

(٣) يبدأ إفراز هرمون البروجسترون بعد ثلاثة شهور من حدوث الحمل، لأن المبيض هو الذى يفرز هذا الهرمون بمفرده .

أ - العبارتين صحيحتين وتوجد علاقة بينهما.

ب-العبارتين صحيحتين ولا توجد علاقة بينهم .

ج- العبارتين خاطئتين .

د- العبارة الأولى صحيحة و الثانية خاطئة.

هـ - العبارة الأولى خاطئة و الثانية صحيحة.

س٣ من خلال الرسم المقابل وضح :

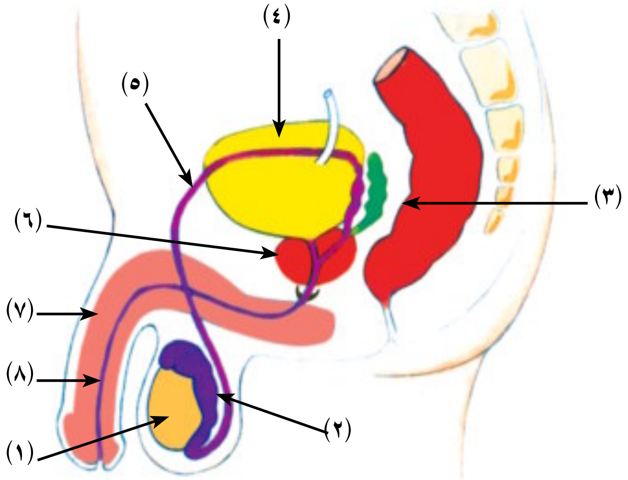
أ - البيانات التى تشير إليها الأرقام

ب - ما الجزء الذى لا يدخل ضمن تركيب الجهاز التناسلى ؟

ج- ما أهمية الجزء رقم (٣) ، (٦)

د- ماذا يحدث إذا كان العضو رقم(١) موجود داخل الجسم ؟ولماذا؟

هـ-ماذا يحدث فى حالة إستئصال العضو (١)؟



س٤ من خلال الرسم المقابل وضح:

أ - البيانات التى تشير إليها الأرقام

ب-مراحل تكوين الحيوانات المنوية

ج- اهمية الخلايا رقم (٦)ورقم (٧)

د- وضح بالرسم تركيب الحيوان المنوى مع كتابة البيانات

س٥ من خلال الرسم المقابل وضح :

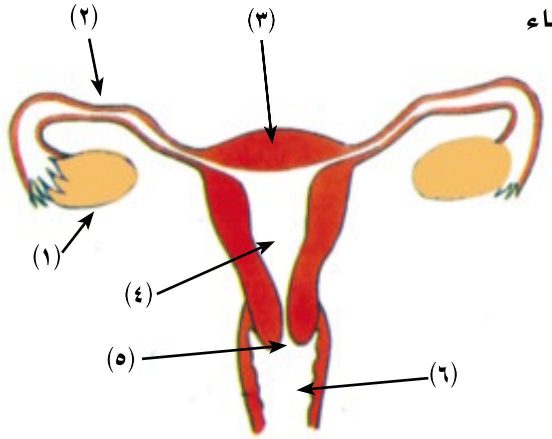
أ- البيانات التى تشير إليها الأرقام

ب-ما أهمية العضو رقم (١)، (٤)

ج- أين تحدث عملية الأخصاب ؟

د- ما التغيرات التى تحدث للجزء رقم (٣) أثناء دورة الحيض ؟

هـ- ماذا يحدث عند إستئصال المبيضين من امرأة أثناء فترة الحمل ؟ولماذا؟



س٦ علل لما يأتى :

١- يلجأ الاسبيروجيرا احياناً للاقتران الجانبى .

٢- يختلف التجدد فى الهيدرا عن التجدد فى القشريات .

٣- يلى الأقتران فى الاسبيروجيرا إنقسام ميوزى.

٤- يضاف خلاصة حبوب اللقاح على مبايض الأزهار .

٥- نواة الاندوسبرم ثلاثية المجموعة الصبغية .

٦- تعامل الحيوانات المنوية للماشية بالطرد المركزى .

٧- أهمية وجود القطعة الوسطى للحيوان المنوى أثناء إخصاب البويضة .

٨- يضمر الجسم الأصفر فى الشهر الرابع من الحمل ومع ذلك لا يحدث الأجهاض.

٩ - يشترط لحدوث الأخصاب أن تكون الحيوانات المنوية باعداد هائلة .

١٠- يتضخم جدار الرحم ويصبح غدياً بمجرد إخصاب البويضة .

١١- وجود الخصيتان خارج الجسم فى معظم الثدييات.

س٧ ماذا يحدث فى الحالات الأتية........؟

١-ضمور الجسم الأصفر فى الشهر الثانى من الحمل .

٢- وجود الخصيتين داخل الجسم فى الإنسان .

٣- إخصاب بويضتين بحيوانين منويين فى وقت واحد .

س٨ قارن بين :

أ- الأنقسام الميتوزى والأنقسام الميوزى

ب- النبات المشيجى و النبات الجرثومى فى نبات كزبرة البئر

جـ- التوالد البكرى والأثمار العذرى

د- زراعة الأنسجة وزراعة الأجنة

هـ- هرمون LH وهرمون FSH

و- التوائم المتماثلة و التوائم الشقيقة

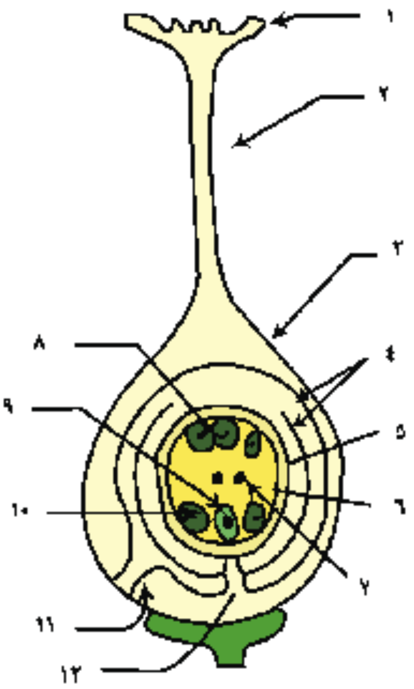
س٩ تتكاثر بعض الكائنات الحية تكاثراً جنسياً يعقبة تكاثراً لا جنسياً فى دورة حياتها:

أ -ما هو المصطلح العلمى لهذه العبارة وما مدى الأستفاده منها .

ب - ما سبب أنتشارها بين الطفليات .

س١٠ يحاط الجنين داخل الرحم بنوعين من الأغشية ما هما ؟وما أهمية كلاً منهما :

س١١ من خلال الرسم المقابل وضح :



أ - البيانات التى تشير إليها الأرقام .

ب - كيف تتكون البذرة ؟ وكيف يتحدد نوعها ذات فلقة أو ذات فلقتين ؟

جـ- ماذا يحدث إذا لم تلقح الزهره ؟

د- ماذا يحدث إذا لقحت الزهرة ولم تخصب ؟

هـ- كيف تحصل على ثمار بلا بذور صناعياً ؟

س١٢ أكتب أسم الهرمون الذى يؤدى إلى:

١- نمو حويصلة جراف فى المبيض

٢- أنفجار حويصلة جراف وتحرر البويضة

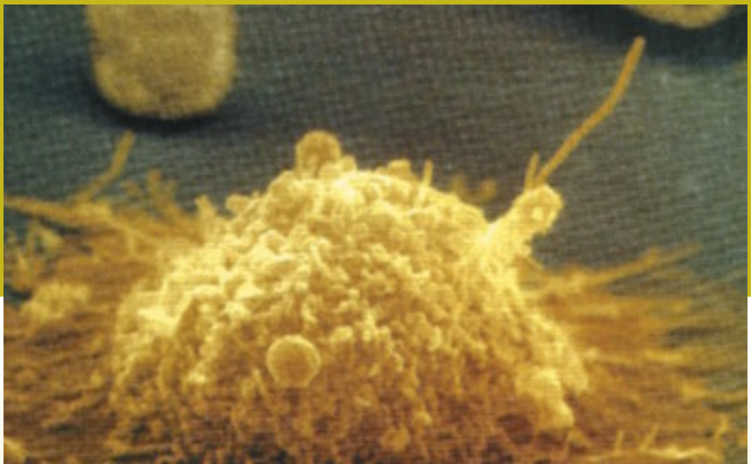
٣- ظهور الصفات الثانوية الذكرية

٤-توقف التبويض ونمو بطانة الرحم

س١٣ ما المقصود بكلاً من :

دورة التزاوج- التوالد البكرى - الأثمار العذرى - الأخصاب المزدوج - الجسم الأصفر - الأندماج الثلاثى- الثمرة الكاذبة -الرهل .

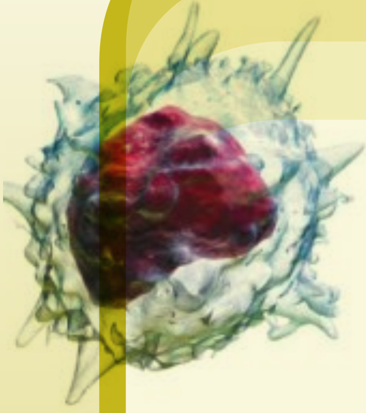
س١٤ وضح بالرسم مراحل نضج البويضة فى نبات زهرى لكى تصبح جاهزه للإخصاب.



التركيب والوظيفة فى الكائنات الحية

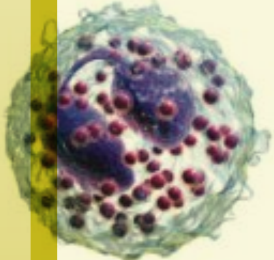
الفصل الرابع

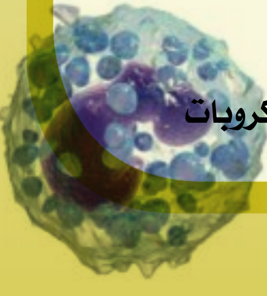
المناعة فى الكائنات الحية

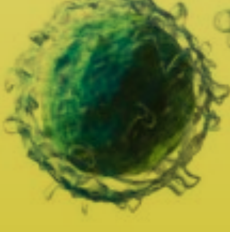


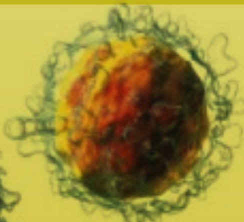
فى نهاية هذا الفصل ينبغى أن يكون الطالب قادرا على أن :

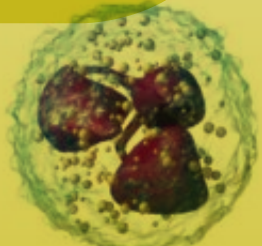
- يتعرف مفهوم المناعة وأهميتها للكائنات الحية
- يقارن بين المناعة الطبيعية والمناعة المكتسبة
- يستنتج مسببات المرض عند النباتات
- يشرح كيف يعمل جهاز المناعة فى النبات
- يتعرف المناعة التركيبية والمناعة البيوكيميائية فى النبات
- يحدد مكونات الجهاز المناعى فى الإنسان
- يتعرف الأعضاء الليمفاوية فى الإنسان
- يحدد انواع الخلايا الليمفاوية
- يتعرف الأجسام المضادة وطرق عملها
- يفسر ألية عمل الجهاز المناعى فى الإنسان
- يحدد بعض وسائل المناعة الطبيعية
- يقدر جهود العلماء فى التقدم المذهل فى علم المناعة
- يقدر عظمة الخالق فى دور بعض أعضاء الجسم فى حمايته من الميكروبات











المناعة فى الكائنات الحية

المقدمة:

تتعرض حياة أى كائن حى لتهديد مستمر سواء من مصادر حيوية مثل مسببات الامراض كبعض الحشرات والاوليات الحيوانية والفطريات والبكتريا والفيروسات أو مصادر غير حيوية مثل الحوادث والكوارث الطبيعية واختلال عناصر البيئة المحيطة وفى المقابل فإن كل نوع من انواع الكائنات الحية يطور من آليات الدفاع عن نفسه من اجل البقاء، ومن هذه الآليات تغيير اللون بغرض التمويه وأفراز السموم لقتل الكائن الاخر أو الجرى للهروب.

لهذا فإن الكائنات الحية فى صراع دائم مع مايهدد حياتها من أخطار لذا فقد وهب الله هذه الكائنات طرق دفاعية متقنة،هذه الطرق يتم تغييرها لمواجهة اساليب العدوالمختلفة .

مما سبق يمكن تعريف المناعة Immunity بأنها مقدرة الجسم من خلال الجهاز المناعى على مقاومة مسببات المرض سواء كان ذلك من خلال منع دخول مسببات المرض إلى جسم الكائن الحى أو عن طريق مهاجمة مسببات المرض و الأجسام الغريبة والقضاء عليها عند دخولها جسم الكائن الحى.

يعمل الجهاز المناعى وفق نظامين هما المناعة الفطرية أو الموروثة innate immunity والمناعة المكتسبة أو التكيفية Acquired immunity or adaptive immunity. وهذان النظامان المناعيان يعملان بتعاون وتنسيق مع بعضهما إذ أن المناعة الفطرية اساسية لأداء المناعة المكتسبة عملها بنجاح والعكس صحيح. وهذا الترابط يسمح للجسم بالتعامل مع الكائنات الممرضة.

مطابع روز اليوسف

المناعة فى النبات

يمكن حصر مسببات المرض والموت عند النباتات فى ثلاثة اسباب رئيسة هى :-

١- **الاعداء الخطرة:** تشمل حيوانات الرعى والحشرات والفطريات والبكتريا والفيروسات....الخ.

٢- **الظروف غير الملائمة:** منها الحرارة العالية والبرودة الزائدة ونقص او زيادة الماء ونقص العناصر الغذائية والتربة غير الملائمة........الخ.

٣- **المواد السامة:** مثل الدخان والابخرة السامة والمبيدات الحشرية والصرف الصحى غير المعامل وماشابه ذلك والتى تتدفق من المصانع وغيرها الى الانهار ومياه الرى.

غالبا مايسبب العامل الاول اضرارًا بالغة قد تودى بحياة النبات أو ينشأ عنها امراضًا خطيرة ، بينما ينشأ عن السببين الثانى والثالث اضرارًا يمكن تلافيها أوعلاجها بزوال السبب وإن كانت بعض عناصر السبب الثالث قد تكون قاتلة للنبات.

طرق المناعة فى النبات Plant immunity :

تحمى النباتات نفسها من الكائنات المسببة للمرض من خلال طريقين ؛الاول انجاز بعض الآليات من خلال تراكيب تمتلكها فيما يعرف بالمناعة التركيبية Structural immunity والثانى عن طريق استجابات لإفراز مواد كيميائية فيما يعرف بالمناعة البيوكيميائية Biochemical immunity ونظراً لأهمية النبات للانسان فإن الانسان يستعمل طرقاً ويستحدث وسائل تعمل على حماية ووقاية النباتات من الامراض مثل استعمال مبيدات الاعشاب الضارة وكذا مقاومة الحشرات بطرق مختلفة أو حث النباتات على مقاومة الأمراض النباتية فيما يعرف بالمناعة المكتسبة وانتاج سلالات نباتية مُقاومة للأمراض والحشرات من خلال التربية النباتية breeding او استخدام الهندسة الوراثية. ويمكن أن تنتقل مركبات تنشيط الحماية والمقاومة من خلية الى أخرى وبطريقة منتظمة من خلال جهاز النقل فى النبات الذى يقابل الاوعية الدموية فى الحيوانات.

أولاً : المناعة التركيبية Structural immunity :

تمثل خط الدفاع الأول لمنع المسببات المرضيه من الدخول الى النبات وانتشاره بداخله،وهى عبارة عن حواجز طبيعية وهى تشمل نوعين هما :

- وسائل مناعية تركيبية موجودة أصلاً فى النبات .
- وسائل مناعية تركيبية تتكون كاستجابة للإصابة.

(أ) المناعية التركيبية الموجودة سلفاً فى النبات :

وتتمثل فى الآتى:

١ - الادمة الخارجية لسطح النبات:

تمثل حائط الصد الاول فى المقاومة وقد تتغطى بطبقة شمعية فلا يستقر عليها الماء، وبالتالى لا تتوافر البيئة الصالحة لنمو الفطريات وتكاثر البكتيريا. اويكسو الادمة الشعيرات أوالاشواك مما يحول دون تجمع الماء أو اكلها من بعض حيوانات الرعى وبذلك تقل فرص الإصابة بالامراض.

٢- الجدار الخلوى:

يمثل الجدار الخلوى الواقى الخارجى للخلايا وخاصة طبقة البشرة الخارجية والذى يتركب اساسا من السليلوز وبعد تغلظه يدخل فى تركيبه اللجنين مما يجعله صلبا يصعب على الكائنات الممرضة اختراقه.

(ب) المناعية التركيبية الناتجة كاستجابة للإصابة بالكائنات الممرضة:

وتتمثل فى الآتى:

١. تكوين الفللين Phellem(cork) formation: يتكون الفللين لكى يعزل المناطق التى تعرضت للقطع او للتمزق نتيجة لنمو النبات فى السمك او بسبب جمع الثمار او لسقوط الاوراق فى الخريف او لتعدى الانسان والحيوان ، وهذا يمنع دخول الكائن الممرض للنبات .

٢. تكوين التيلوزات Formation of Tyloses: عباره عن نموات زائدة تنشأ نتيجة تمدد الخلايا البارنشيمية المجاورة لقصيبات الخشب وتمتد داخلها من خلال النقر. وهى تتكون نتيجة تعرض الجهاز الوعائى للقطع او للغزو من الكائنات الممرضة .حتى تعيق تحرك هذه الكائنات الى الأجزاء الأخرى فى النبات.

٣. ترسيب الصموغ Deposition of Gums: تفرز النباتات المصابة بجروح اوقطوع لمادة الصمغ حول مواضع الإصابة حتى تمنع دخول الميكروبات داخل النبات .

٤. تراكيب مناعية خلوية Cellular immune structures: تحدث بعض التغيرات الشكلية نتيجة للغزو ، ومن أمثلتها :

- إنتفاخ الجدر الخلوية لخلايا كل من البشرة وتحت البشرة أثناء الأختراق المباشر للكائن الممرض مما يؤدى الى تثبيط إختراقه لتلك الخلايا .
- احاطة خيوط الغزل الفطرى المهاجمة للنبات بغلاف عازل يمنع انتقاله من خلية الى اخرى .

مطابع روز اليوسف

٥. **التخلص من النسيج المصاب وتعرف ايضاً بالحساسيه المفرطة :** حيث يقتل النبات بعض أنسجته ليمنع انتشار الكائن الممرض منها الى أنسجته السليمة وبالتالى يتخلص النبات من الكائن الممرض بموت النسيج المصاب.

ثانياً : المناعة البيوكيميائية Biochemical immunity:

وتتضمن الآليات المناعية التالية :

١- المستقبلات Receptors التى تدرك وجود الميكروب وتنشط دفاعات النبات

هذه المركبات توجد فى النباتات السليمة والمصابة على حد سواء إلا أن تركيزها يزيد فى النباتات عقب الأصابة. ووظيفة تلك المركبات هى تحفيز وسائل جهاز المناعة الموروثة فى النبات.

٢- مواد كيميائية مضادة للكائنات الدقيقة Antimicrobial chemicals

تقوم بعض النباتات بإفرازمركبات كيمبائية تقاوم بها الكائنات الممرضة، وهذه المركبات إما أن تكون موجودة أصلاً فى النبات قبل حدوث الإصابة أو تؤدى الاصابة الى تكوينها. ومن هذه المركبات :

- **الفينولات والجلوكوزيدات** وهى مركبات كيميائية سامة تقتل الكائنات الممرضة مثل البكتيريا أو تثبط نموها وبعض هذه المركبات لاتوجد أصلاً فى النباتات السليمة ولكنها تتكون فقط عند مهاجمة النبات بواسطة الكائن الممرض .

- **انتاج أحماض أمينية غير البروتينية** (Non-protein amino acids) وهذه الأحماض لاتدخل فى بناء البروتينات فى النبات ولكنها تعمل كمواد واقية للنبات وتشمل مركبات كيميائة سامة للكائنات الممرضة، ومن أمثلتها الكانافين Canavanine والسيفالوسبورين Cephalosporin.

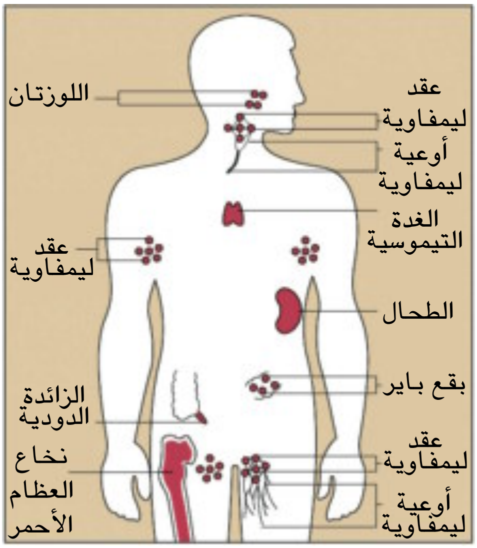
٣-بروتينات مضادة للكائنات الدقيقة Antimicrobial proteins

تقوم بعض النباتات بإنتاج بروتينات لم تكن موجودة أصلا بالنبات ولكن يستحث إنتاجها نتيجة الإصابة وهذه تتفاعل مع السموم التى تفرزها الكائنات الممرضة وتحولها الى مركبات غير سامة للنبات واحياناً تنتج النباتات بعض الانزيمات تعرف بإنزيمات نزع السمية (Detoxifying enzymes). حيث تقوم هذه الانزيمات بالتفاعل مع السموم التى تفرزها الكائنات الممرضة وتبطل سميتها.

مما سبق نجد أن بعض النباتات تقوم بتعزيز وتقوية دفاعاتها بعد الاصابة حتى تحمى نفسها من اى اصابة جديدة.

المناعة فى الانسان

الجهاز المناعى فى الانسان Human immune system



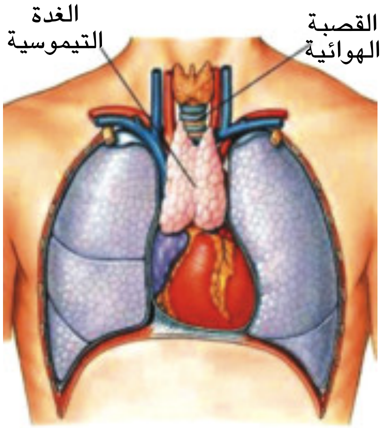
شكل (١) الجهاز المناعى للإنسان

هو جهاز متناثر الأجزاء، أى لا ترتبط أجزاؤه ببعضها البعض بصورة تشريحية متتالية كما فى الجهازالهضمى أو التنفسى أو الدوري، فهو يتكون من أجزاء متفرقة فى أنحاء الجسم، ولكنها تتفاعل وتتعاون مع بعضها البعض بصورة متناسقة، وبهذا يعتبر من الناحية الوظيفية وحدة واحدة. ويطلق على بعض أعضاء الجهاز المناعى الاعضاء الليمفاوية لأنها تعد موطن للخلايا الليمفاوية وهى المكونات الرئيسة للجهاز الليمفاوى. والذى يتكون من : -

أولا: الاعضاء الليمفاوية Lymphoid organs

هذه الأعضاء تحتوى أعداد غفيرة من الخلايا الليمفاوية وفيها يتم نضج و تمايز الخلايا الليمفاوية. و من هذه الاعضاء:

أ- نخاع العظام Bone marrow : هو نسيج يوجد داخل العظام المسطحة مثل الترقوة والقص والجمجمة والعمود الفقرى والضلوع والكتف والحوض، ورؤوس العظام الطويلة كعظام الفخد والساق والعضد ، وهو المسؤول عن إنتاج خلايا الدم الحمراء والبيضاء وصفائح الدم.

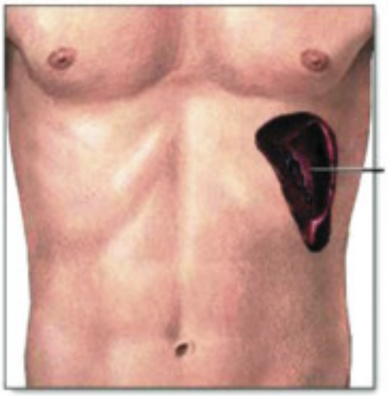


شكل (٢) الغدة التيموسية

ب- الغدة التيموسية Thymus gland : تقع على القصبة الهوائية أعلى القلب وخلف عظمة القص، وتفرز هرمون التيموسين Thymosin الذى يحفز نضج الخلايا الليمفاوية الجذعية الى الخلايا التائية T وتمايزها الى أنواعها المختلفة داخل الغدة التيموسية.

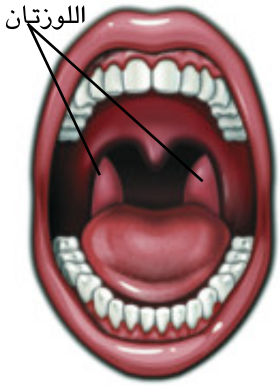
مطابع روز اليوسف

جـ- الطحال spleen: عبارة عن عضو ليمفاوى صغير لا يزيد حجمه عن "قبضة اليد"، ولونه احمر قاتم يقع فى الجانب العلوى الأيسر من تجويف البطن (شكل ٣). ويلعب دورا مهما فى مناعة الجسم حيث يحتوى على الكثير من خلايا الدم البيضاء التى تسمى الخلايا البلعمية الكبيرة وتقوم بالتقاط كل ما هو غريب عن الجسم سواء كانت ميكروبات أو أجسام غريبة أو خلايا جسدية هرمة (مسنة) ككريات الدم الحمراء المسنة ويفتتها الى مكوناتها الأولية ليتخلص منها الجسم ، كما أنه يحتوى على خلايا دم بيضاء أخرى تسمى الخلايا الليمفاوية.



شكل (٣) الطحال

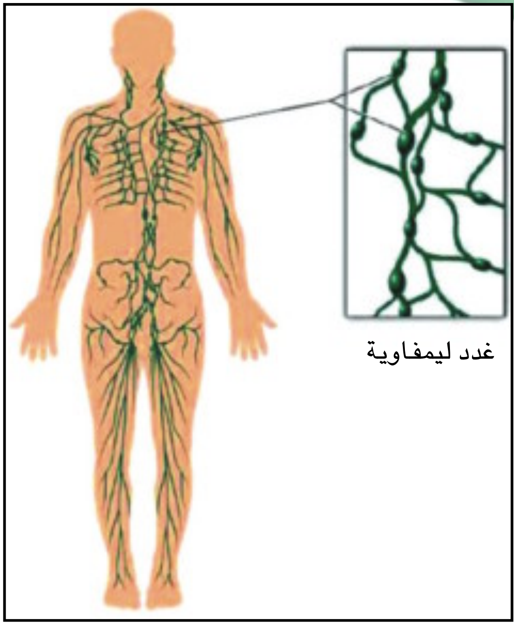
د - اللوزتان Tonsils: هما غدتان ليمفاويتان تقعان على جانبى الجزء الخلفى من الفم. تلتقط اللوزتان أى ميكروب أو جسم غريب يدخل مع الطعام أو الهواء وتمنع دخوله إلى الجسم ، وبذلك تعمل على حماية الجسم (شكل ٤).



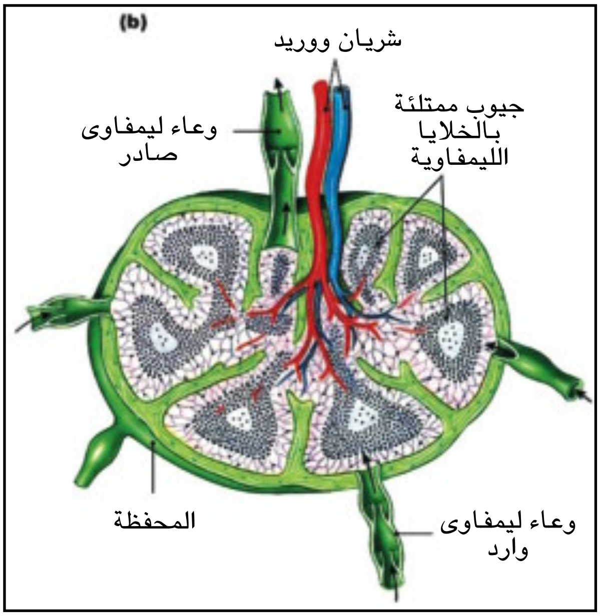
شكل (٤) اللوزتان

هـ- بقع باير Peyer's patches: عبارة عن عقد صغيرة من الخلايا الليمفاوية التى تتجمع على شكل لطع أو بقع تنتشر فى الغشاء المخاطى المبطن للجزء السفلى من الأمعاء الدقيقة، ووظيفتها الكاملة غير معروفة، لكنها تلعب دورا فى الاستجابة المناعية ضد الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض التى تدخل الأمعاء.

و- العقد الليمفاوية Lymphatic nodes: تقوم بتنقية الليمف من أى مواد ضارة أو ميكروبات. وتختزن خلايا الدم البيضاء (الخلايا الليمفاوية) التى تساعد فى محاربة أى مرض أو عدوى. وتتواجد العقد الليمفاوية على طول شبكة الأوعية الليمفاوية الموجودة فى جميع أجزاء الجسم (تحت الإبطين، على جانبى العنق، وفى أعلى الفخذ، وبالقرب من أعضاء الجسم الداخلية...)، ويتراوح حجمها بين رأس الدبوس وبذرة الفول الصغيرة، وتنقسم العقدة من الداخل إلى جيوب تمتلىء بالخلايا الليمفاوية البائية B ، والخلايا الليمفاوية التائية T ، والخلايا البلعمية الكبيرة وبعض أنواع خلايا الدم البيضاء الأخرى التى تخلص الليمف مما به من جراثيم وحطام الخلايا. يتصل بكل عقدة ليمفاوية عدة أوعية ليمفاوية تنقل الليمف اليها من الأنسجة لترشحه وتخلصه مما يعلق به من مسببات الأمراض الغريبة عن الجسم.



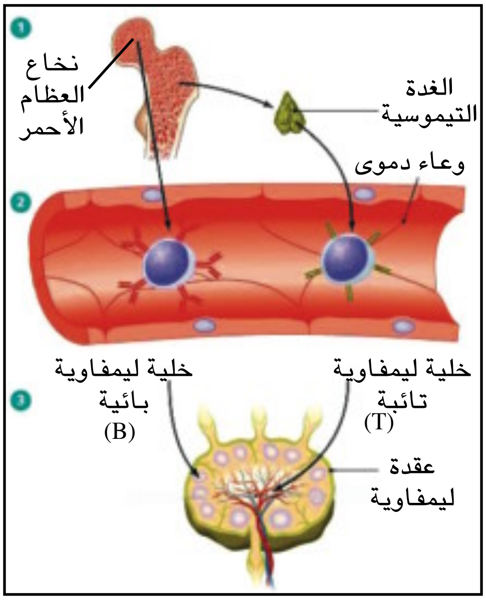
شكل (٥) الجهاز الليمفاوى والعقد الليمفاوية



شكل (٦) تشريح العقدة الليمفاوية

ثانيا: الخلايا الليمفاوية Lymphocytes

تشكل حوالى ٢٠-٣٠٪ من خلايا الدم البيضاء بالدم، وتتكون جميع الخلايا الليمفاوية فى نخاع العظام الاحمر، ولا تكون لها فى البداية أية قدرة مناعية، غير أنها تمر فى عملية نضوج وتمايز فى الاعضاء الليمفاوية لتتحول بعدها الى خلايا ذات قدرة مناعية شكل (٧). وهى تدور فى الدم باحثة عن أى ميكروب أو جسم غريب فتشغل آلياتها الدفاعية والمناعية لتخلص الجسم من شرورالميكروبات الممرضة التى تحاول غزو الجسم والتكاثر والإنتشار فيه وتخريب أنسجته وتعطيل وظائفه الحيوية الفسيولوجية. ويوجد ثلاثة أنواع من الخلايا الليمفاوية فى الدم هى :



شكل (٧) مواضع تكوين ونضج الخلايا الليمفاوية

أ - الخلايا البائية B– cells: تشكل حوالى ١٠٪ إلى ١٥٪ من الخلايا الليمفاوية ويتم تصنيعها فى نخاع العظام و تستكمل نموها فيه لتصبح ناضجة، ووظيفتها هى التعرف على أى ميكروبات أو مواد غريبة عن الجسم (مثل البكتريا أو الفيروس)، فتقوم بملاصقة هذا الجسم الغريب وتنتج أجسام مضادة له Antibodies لتقوم بتدميره.

ب- الخلايا التائية T–cells: تشكل حوالى ٨٠٪ من الخلايا الليمفاوية، وتنضج فى الغدة التيموسية حيث تتمايز الى عدة أنواع:

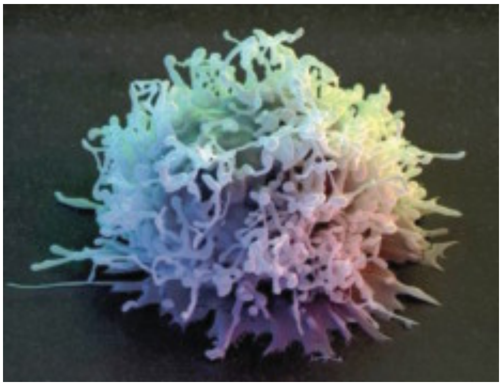
١- الخلايا التائية المساعدة (Helper T-cells) (T_H): تنشط الأنواع الأخرى من الخلايا التائية وتحفزها للقيام باستجاباتها، وكذلك تحفز الخلايا البائية لإنتاج الأجسام المضادة.

٢- الخلايا التائية السامة (أو القاتلة) (Cytotoxic T-cells) (T_C): تهاجم الخلايا الغريبة حيث تهاجم الخلايا السرطانية والأعضاء المزروعة وخلايا الجسم المصابة بالفيروس.

٣- الخلايا التائية المثبطة أو الكابحة (Suppressor T-cells) (T_S): تنظم درجة الاستجابة المناعية للحد المطلوب، وتثبط أو تكبح عمل الخلايا التائية T والبائية B بعد القضاء على الكائن الممرض.

جـ- الخلايا القاتلة الطبيعية (Natural killer cells) (NK):

تشكل ٥-١٠٪ من الخلايا الليمفاوية بالدم، ويتم انتاجها ونضجها فى نخاع العظام (شكل ٨).


شكل (٨) خلية قاتلة طبيعية

وهذه الخلايا لها القدرة على مهاجمة خلايا الجسم المصابة بالفيروس والخلايا السرطانية وتقضى عليها من خلال إنزيمات تفرزها هذه الخلايا القاتلة.

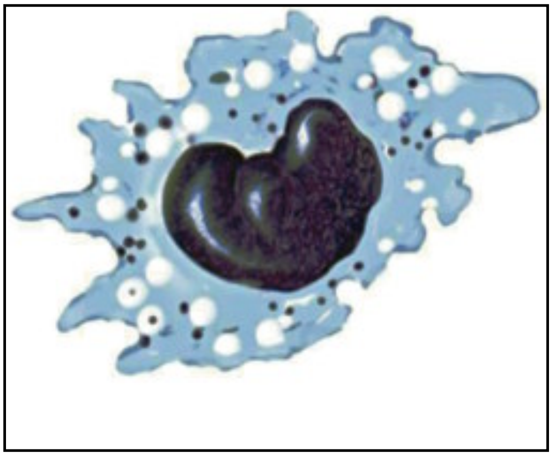
ثالثا: خلايا الدم البيضاء الأخرى:

هى الخلايا القاعدية Basophils والخلايا الحامضية Eosinophils والخلايا المتعادلة Neutrophils، (شكل ٩) ويتم التمييز بينها من حجمها وشكل النواة ولون الحُبيبات الظاهرة بداخلها تحت المجهر، وهذه الحبيبات تقوم بدور رئيس فى تفتيت خلايا الكائنات الممرضة المهاجمة للجسم، وبإمكانها بلعمة (ابتلاع وهضم) الكائنات الممرضة ولذلك فهى تكافح العدوى خصوصا العدوى البكتيرية و الالتهابات، و تبقى بالدورة الدموية لفترة قصيرة نسبيا تتراوح بين عدة ساعات إلى عدة أيام. هذا، بالاضافة الى الخلايا وحيدة النواة Monocytes التى تدمر الأجسام الغريبة وتتحول إلى خلايا بلعمية عند الحاجة، و التى بدورها تلتهم الكائنات الغريبة.

شكل (٩) أنواع خلايا الدم البيضاء

رابعا الخلايا البلعمية الكبيرة Macrophages:

ومنها نوعان:



شكل (١٠) خلية بلعمية كبيرة

١- الخلايا البلعمية الكبيرة الثابتة : تسمى باسماء مختلفة حسب النسيج الموجودة فيه وهى تتواجد فى معظم أنسجة الجسم متأهبة لكل جسم غريب يتواجد بالقرب منها.

٢- الخلايا البلعمية الكبيـرة الـدوارة أو الجوالة : هى الخلايا التى تحمل المعلومات التى تم جمعها عن الميكروبات والأجسام الغريبة لتقدمها للخلايا المناعية المتخصصة الموجودة فى الغدد الليمفاوية المنتشرة فى الجسم، وهذه الخلايا المناعية المتخصصة تلعب أدوارها الدفاعية والمناعية بعد الحصول على معلومات وافية عن الأجسام الغريبة والميكروبات الداخلة الى الجسم، فتجهز لها ما يناسبها من وسائل دفاعية مثل الأجسام المضادة وتخصيص نوع الخلايا القاتلة الذى سيتعامل معها.

خامسا المواد الكيميائية المساعدة:

تتعاون وتساعد الآليات المتخصصة للجهاز المناعى، وهى كثيرة، نذكر منها ما يلي:

أ- الكيموكينات Chemokines: هى عوامل جذب الخلايا المناعية البلعمية المتحركة مع الدم بأعداد كبيرة نحو موقع تواجد الميكروبات أوالأجسام الغريبة لتحد من تكاثر وانتشارالميكروب المسبب للمرض.

ب- الإنترليوكينات Interleukins: تعمل كأداة اتصال أو ربط بين خلايا الجهاز المناعى المختلفة ومن جهة أخرى بين الجهاز المناعى وخلايا الجسم الأخرى بالإضافة إلى مساعدة الجهاز المناعى فى أداء وظيفته الدفاعية.

جـ- سلسلة المتممات أو المكملات Complements: هى مجموعة متنوعة من البروتينات والأنزيمات تقوم بتدمير الميكروبات الموجودة بالدم بعد ارتباط الأجسام المضادة بها عن طريق تحليل الأنتيجينات الموجودة على سطحها وإذابة محتوياتها لجعلها فى متناول خلايا الدم البيضاء كى تلتهمها وتقضى عليها.

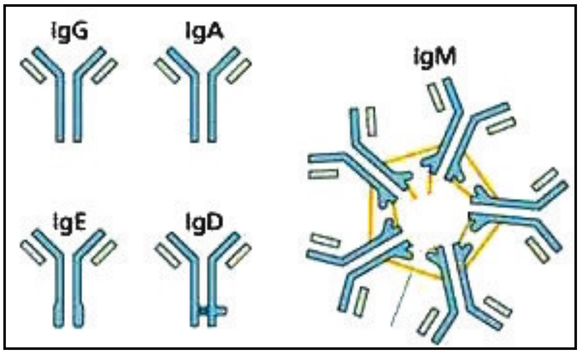
د- الإنترفيرونات Interferon: عبارة عن عدة أنواع من البروتينات تنتجها خلايا الأنسجة المصابة بالفيروسات. وهى غير متخصصة بفيروس معين، ترتبط الإنترفيرونات بالخلايا الحية المجاورة للخلايا

المصابة والتى لم تصب بالفيروس بعد وتحثها على انتاج نوع من الإنزيمات تثبط عمل إنزيمات نسخ الحمض النووى بالفيروس، وبهذا يمنع الفيروس من التكاثر والانتشار فى الجسم.

سادسا الأجسام المضادة Antibodies

يوجد على سطح البكتيريا التى تغزو الانسجة مركبات تسمى «مولدات الضد أو المستضدات أو الانتيجينات Antigens »، فتقوم الخلايا المناعية البائية B بالتعرف على هذه الأجسام والمكونات الغريبة عن الجسم (الأنتجينات) عن طريق ارتباط المركبات الموجودة على سطحها والتى يطلق عليها «المستقبلات» بتلك الانتيجينات، ثم تقوم بانتاج مواد بروتينية يطلق عليها الأجسام المضادة Antibodies (أو الجلوبيولينات المناعية Immunoglobulins واختصارها Ig) وهى مصممة لتضاد هذه الأجسام الغريبة عن الجسم حيث تقوم هذه الاجسام المضادة وجزيئات «المتممات» بالالتصاق بالبكتيريا لتجعلها فى متناول خلايا الدم البيضاء الاخرى كى تلتهمها وتقضى عليها. ويوجد منها خمسة أنواع هي:

IgA و IgE و IgD و IgM و IgG

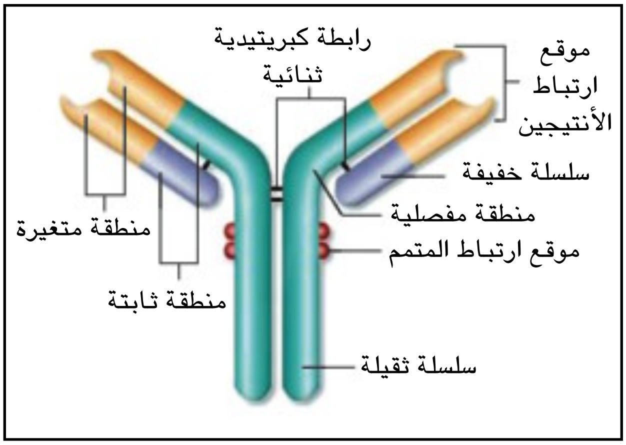


شكل (١١) أنواع الأجسام المضادة

والخلايا الليمفاوية البائية Bعندما تصادف الأنتيجينات لأول مرة تقوم بالانقسام المتكرر لتكوين مجموعات، كل مجموعة منها تتخصص لإنتاج نوع واحد من الأجسام المضادة، تتخصص لتضاد نوع واحد من الأنتيجينات، وبذلك تهاجم الخلايا البائية الأنتيجين (مولد الضد أو المستضد) على سطح الكائنات الحية الدقيقة والجزيئات الأخرى الغريبة عن الجسم، وذلك عن طريق إنتاج الأجسام المضادة التى تدور مع مجرى الدم والليمف.

شكل وتركيب الأجسام المضادة

الأجسام المضادة عبارة عن جلوبيولينات مناعية، تظهر على شكل حرف Y ، وتوجد بالدم والليمف فى الحيوانات الفقارية والإنسان، ويتم إنتاجها بواسطة الخلايا البائية البلازمية.



شكل (١٢) تركيب الجسم المضاد

يتكون الجسم المضاد من زوجين من السلاسل البروتينية، اثنان منهما طويلة وتسمى بالسلاسل الثقيلة، والاثنان الأخريتان قصيرتان وتسمى بالسلاسل الخفيفة، وترتبط السلاسل ببعضها عبر رابطة كبريتيدية ثنائية . ولكل جسم مضاد موقعين متماثلين لارتباط الأنتيجين، (شكل ١٢) ويختلف شكل هذه المواقع من جسم مضاد لآخر. وتساعد هذه المواقع على حدوث الارتباط المحدد بين الأنتيجين والجسم المضاد الملائم له، بطريقة تشبه القفل والمفتاح. ويؤدى هذا الارتباط الى تكوين مركب معقد من الأنتيجين والجسم المضاد ويعرف موقع ارتباط الأنتيجين على الجسم المضاد بالجزء المتغير لأن شكله يتغير من جسم مضاد لآخر، أما الجزء المتبقى من الجسم المضاد فيعرف بالجزء الثابت حيث أنه ثابت الشكل والتركيب فى جميع أنواع الأجسام المضادة.

ويتحدد تخصص كل جسم مضاد من خلال تشكيل الأحماض الأمينية المكونة للسلسلة الببتيدية (تتابع الأحماض الأمينية، وأنواعها، وشكلها الفراغى .... إلخ) وذلك فى الجزء التركيبى المسئول عن الارتباط بين الأنتيجين والحسم المضاد عند مواقع محددة فى ذلك الجزء المتغير، والذى يتطابق مع انتيجين كصورة مرآة.

طرق عمل الأجسام المضادة :

الأجسام المضادة ثنائية الارتباط، أما الأنتيجينات فلها مواقع ارتباط متعددة، مما يجعل الارتباط بين الأجسام المضادة والأنتيجينات أمرا مؤكدا. وتقوم الأجسام المضادة بإيقاف عمل الأنتيجينات بإحدى الطرق التالية :

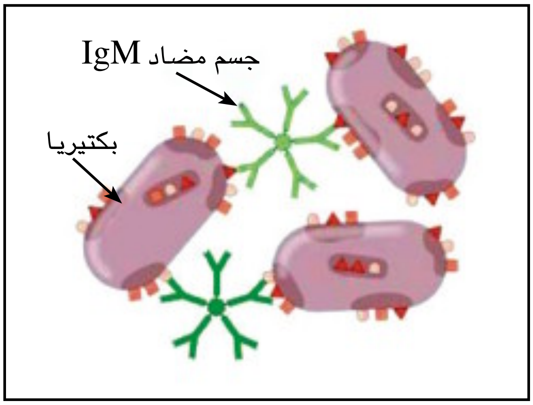
١- التعادل : Neutralization :

إن أهم وظيفة تقوم بها الأجسام المضادة فى مقاومة الفيروسات هى تحييد الفيروسات وإيقاف نشاطها . ويتم ذلك بأن تقوم الأجسام المضادة بالارتباط بالأغلفة الخارجية للفيروسات وبذا تمنعها من الالتصاق

بأغشية الخلايا والانتشار أو النفاذ إلى داخلها .وإن حدث واخترق الفيروس غشاء الخلية، فإن الأجسام المضادة تمنع الحمض النووى من الخروج والتناسخ ببقائها الغلاف مغلقا.

٢- التلازن (أو الالصاق) Agglutination :

بعض الأجسام المضادة مثل الجسم المضاد IgM تحتوى العديد من مواقع الارتباط مع الأنتيجيات، وبالتالى يرتبط الجسم المضاد الواحد منها بأكثر من ميكروب مما يؤدى الى تجمع الميكروبات على نفس الجسم المضاد مما يجعلها أكثر ضعفا وعرضة لالتهامها بالخلايا البلعمية (شكل ١٣).



شكل (١٣) التلازن (الالصاق)

٣- الترسيب Precipitation :

ويحدث عادة فى الأنتيجينات الذائبة ، حيث يؤدى ارتباط الأجسام مع هذه الأنتيجينات إلى تكوين مركبات من الأنتيجين والجسم المضاد غير ذائبة وتكون هذه المركبات راسبا، وبذا يسهل على الخلايا البلعمية Phagocytes التهام هذا الراسب (شكل ١٤).

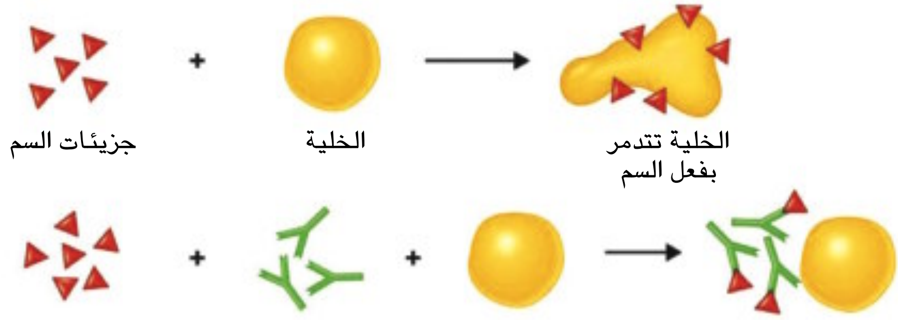
شكل (١٤) الترسيب

٤- التحلل Lysis :

ينشط اتحاد الأجسام المضادة مع الأنتيجينات بروتينات وإنزيمات خاصة هى المتممات Complements فتقوم بتحليل أغلفة الأنتيجينات وإذابة محتوياتها فيسهل التخلص منها بواسطة الخلايا البلعمية.

٥- إبطال مفعول السموم Antitoxin :

تقوم الأجسام المضادة بالارتباط بالسموم وتكوين مركبات من الأجسام المضادة والسموم . هذه المركبات تنشط المتممات فتتفاعل معها تفاعلا متسلسلا ، يؤدى إلى إبطال مفعولها ، كما يساعد على التهامها من قبل الخلايا البلعمية (شكل ١٥).



شكل (١٥) ابطال مفعول السموم

آلية عمل الجهاز المناعى فى الانسان

كيف يقى الجهاز المناعى الجسم من الكائنات الممرضة؟

يعمل الجهاز المناعى وفق نظامين مناعيين :

- المناعة الطبيعية (غير المتخصصة أو الفطرية)

- المناعة المكتسبة (المتخصصة أو التكيفية)

هذين النظامين المناعيين على الرغم من أنهما مختلفان إلا أنهما يعملان بتعاون وتنسيق مع بعضهما، فكل واحد من هذين النظامين يعمل وفق آليات مختلفة تقوم بتنشيط رد الفعل المناعى للنظام المناعى الآخر، وهذا يسمح للجسم التعامل بنجاح مع الكائنات الممرضة.

أولا: المناعة الطبيعية (غير المتخصصة أو الفطرية)

Natural (non–specific or innate) immunity

هى مجموعة الوسائل الدفاعية التى تحمى الجسم، وتتميز بإستجابة سريعة وفعالة لمقاومة ومحاربة وتفتيت أى ميكروب أو أى جسم غريب يحاول دخول الجسم، وهذه الوسائل الدفاعية غير متخصصة ضد نوع معين من الميكروبات أو الأنتيجينات .

وتمر عملية المناعة الطبيعية بخطين دفاعيين متتاليين هما :

١- خط الدفاع الأول: يتمثل فى مجموعة من الحواجز الطبيعية بالجسم مثل الجلد والمخاط والدموع والعرق وحمض الهيدروكلوريك بالمعدة. والوظيفة الأساسية لهذا الخط هى منع الكائنات الممرضة من دخول الجسم.

مطابع روز اليوسف

أ- **الجلد:** ويتميز بطبقة قرنية صلبة على سطحه تشكل عائقا منيعا لايسهل اختراقه أو النفاذ منه،هذا بالإضافة الى أن العرق الذى تفرزه الغدد العرقية على سطح الجلد يعتبر مميتا لمعظم الميكروبات بسبب ملوحة العرق .

ب- **الصملاخ (شمع الأذن):** مادة تفرزها الأذن وتعمل على قتل الميكروبات وبذلك تحمى الأذن.

جـ- **الدموع:** تحمى العين من الميكروبات لأنها تحتوى على مواد محللة للميكروبات.

د- **المخاط بالممرات التنفسية:** هو سائل لزج يبطن جدر الممرات التنفسية وتلتصق به الميكروبات والأجسام الغريبة الداخلة مع الهواء ثم تقوم الأهداب الموجودة فى بطانة هذه الممرات التنفسية بطرد هذا المخاط ومايحمله من ميكروبات وأجسام غريبة الى خارج الجسم .

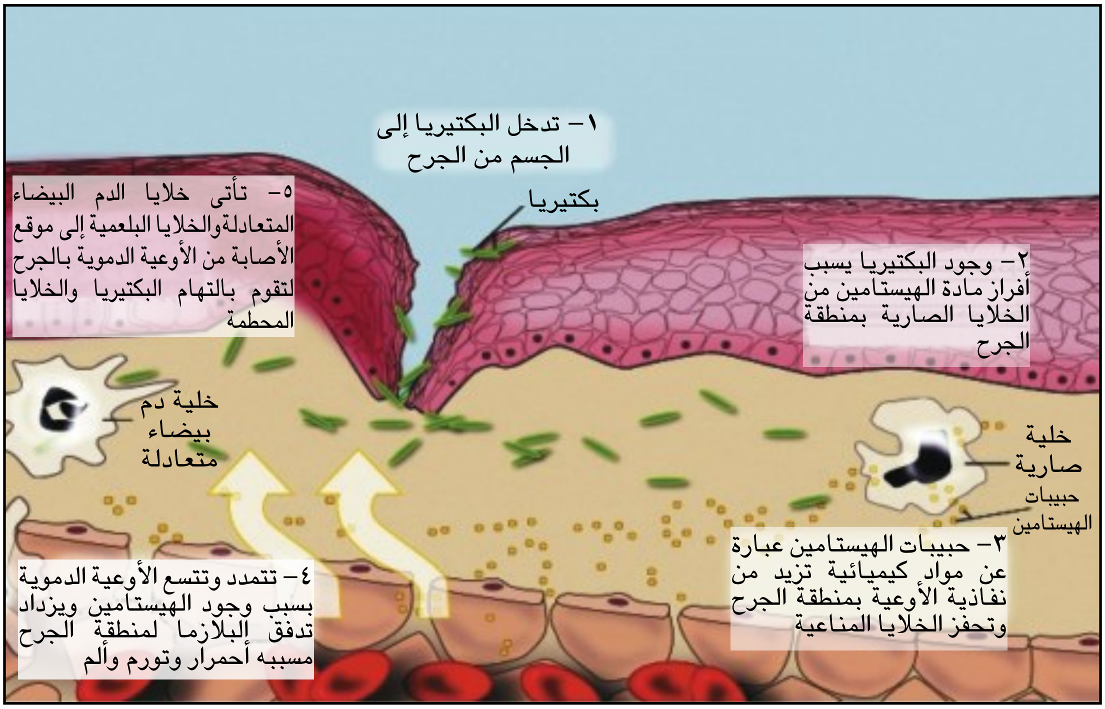
هـ- **اللعاب:** يحتوى بعض المواد القاتلة للميكروبات، بالإضافة الى بعض الأنزيمات المذيبة لها.

و- **إفرازات المعدة الحامضية:** حيث تقوم خلايا بطانة المعدة بانتاج وافراز حمض الهيدروكلوريك القوى الذى يسبب موت الميكروبات الداخلة مع الطعام.

٢- **خط الدفاع الثانى:** يعمل هذا النظام إذا ما نجحت الكائنات الممرضة فى تخطى وسائل دفاع الخط الأول وقامت بغزو أنسجة الجسم، من خلال جرح قطعى بالجلد على سبيل المثال. و يختلف هذا النظام عن سابقه بأنه نظام دفاعى داخلى وفيه يستخدم الجسم طرق وعمليات غير متخصصة متلاحقة تحيط بالميكروبات لتمنع انتشارها، وتبدأ هذه العمليات بحدوث إلتهاب شديد

الإستجابة بالالتهاب inflammatory response : عبارة عن تفاعل دفاعى غير تخصصى (غير نوعى) حول مكان الإصابة نتيجة لتلف الأنسجة الذى تسببه الإصابة أو العدوى. ويؤدى الإلتهاب إلى حدوث بعض التغيرات فى موقع الإصابة، حيث تتمدد الأوعية الدموية إلى أقصى مدى بسبب إفراز كميات من المواد المولدة للالتهاب ومن أهمها مادة الهيستامين Histamine التى تفرزها أنواع من الخلايا المتخصصة مثل الخلايا الصارية Mast cells وخلايا الدم البيضاء القاعدية، وهذه المواد تزيد أيضا من نفاذية الأوعية الدموية الصغيرة والشعيرات الدموية للسوائل من الدورة الدموية وذلك يؤدى إلى تورم الأنسجة فى مكان الإلتهاب كما يسمح لنفاذ المواد الكيميائية المذيبة والقاتلة للبكتيريا بالتوجه الى موقع الإصابة، وزيادة نفاذية جدران الأوعية الدموية يتيح لخلايا الدم البيضاء المتعادلة ووحيدة النواة وكذلك الخلايا البلعمية الكبيرة محاربة وقتل الأجسام الغريبة والميكروبات.

بالإضافة لما سبق يوجد مكونان آخران لخط الدفاع الثانى متواجدان فى معظم الأنسجة هما الانترفيرونات والخلايا القاتلة الطبيعية (NK).



شكل (١٦) الاستجابة بالالتهاب (غير المتخصصة)

ثانيا : المناعة المكتسبة (المتخصصة أو التكيفية) :

:Acquired (specific or adaptive immunity

إذا ما أخفق خط الدفاع الثانى فى التخلص من الجسم الغريب فإن الجسم هنا يلجأ إلى خط دفاع ثالث ممثلا فى الخلايا الليمفاوية والتى تستجيب لذلك بسلسلة من الوسائل الدفاعية التخصصية (النوعية) التى تقاوم ذلك الكائن المسبب للمرض. وتسمى هذه الوسائل الدفاعية مجتمعة بالاستجابة المناعية The immune response وتتم المناعة المكتسبة أو التخصصية (النوعية) من خلال آليتين منفصلتين شكلياً لكنهما متداخلتان مع بعضهما البعض وهما :

أ- المناعة الخلطية أو المناعة بالاجسام المضادة

Humoral or antibody-mediated immunity

تختص بالدفاع عن الجسم ضد الأنتجينات والكائنات الممرضة (كالبكتيريا والفيروسات، وكذلك السموم) الموجودة فى سوائل الجسم (بلازما الدم والليمف) بواسطة الأجسام المضادة، وتتلخص فى الخطوات التالية :

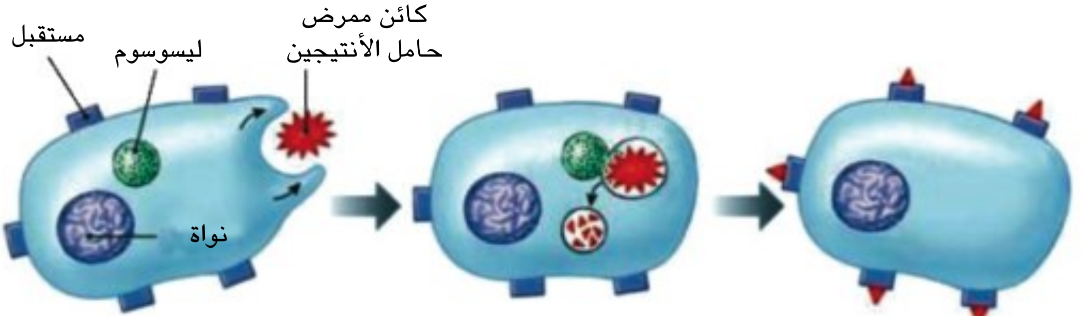
١- عند دخول كائن ممرض حاملا على سطحه أنتيجين (مستضد) معيّن الى الجسم، تتعرف الخلايا الليمفاوية البائية على هذا الأنتيجين الغريب عن الجسم (فكل خلية لمفاوية بائية عالية التخصص. أى تستجيب لأنتيجين معين واحد فقط). وعندما تتعرف الخليـة اللمفاويـة البائيـة على الأنتيجين

مطابع روز اليوسف

الخـاص بها فإنها تلصق نفسها به بواسطـة المستقبـلات المناعيـة الموجودة على سطحها. ويرتبط الأنتيجين مع بروتين فى الخلايـا الليمفاويـة البائيـة يطلـق عليه بروتـين التـوافـق النسيجـى Major histocompatibility complex

٢- فى نفس الوقت، تقوم الخلايا البلعمية الكبيرة بابتلاع الأنتيجين و تفكيكه بواسطة انزيمات الليسوسوم الى أجزاء صغيرة، ثمّ ترتبط هذه الأجزاء داخل الخلايا البلعمية الكبيرة ببروتين يطلق عليه بروتين التوافق النسيجى (MHC)

بعد ذلك ينتقل المركب الناتج من ارتباط الانتيجين مع الـ MHC الى سطح الغشاء البلازمى للخلايا البلعمية الكبيرة، أى يتم عرضه على سطحها الخارجى.



شكل (١٧) المناعة الخلطية

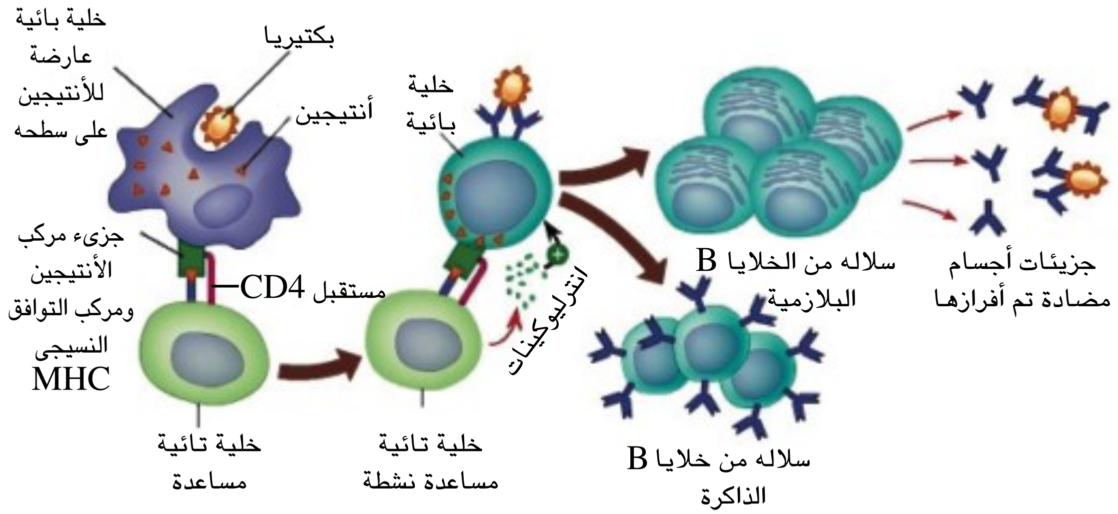
٣- تتعرف الخلايا التائية المساعدة T_H على هذا الأنتيجين من خلال بروتين التوافق النسيجى MHC الموجود على سطح الخلية البلعمية ثم ترتبط بهذا المركب فيتم تنشيطها لتقوم بعد ذلك بإطلاق مواد بروتينية تدعى أنترليوكينات تقوم بتنشيط الخلايا البائية B التى تحمل على سطحها الأنتيجينات المرتبطة مع بروتين التوافق النسيجى MHC.

(ملحوظة : لاتستطيع الخلايا التائية المساعدة T_H أن تتعرف على الأنتيجين إلا بعد معالجته بواسطة الخلايا البلعمية الكبيرة وعرضه على غشائها البلازمى مرتبطا مع جزيئات MHC).

٤- تبدأ الخلايا البائية B المنشطة عملها بالإنقسام والتضاعف، وتتمايز فى النهاية الى خلايا ليمفاوية بائية ذاكرة Memory cells ، والعديد من الخلايا البلازمية Plasma cells التى تنتج كميات كبيرة من الأجسام المضادة التى تدور عبر الأوعية اللمفاوية ومجرى الدم لتحارب العدوى. وتبقى خلايا الذاكرة لمدة طويلة (٢٠-٣٠ سنة) فى الدم لتتعرف على نوع الأنتيجين السابق اذا دخل ثانية الى الجسم حيث تنقسم وتتمايز الى خلايا بلازمية تفرز اجساما مضادة له وبالتالى تكون الاستجاب سريعة.

٥- تصل الأجسام المضادة التى أنتجتها الخلايا البلازمية الى الدورة الدموية عن طريق الليمف، ثم ترتبط بالأنتيجينات الموجودة على سطح الكائنات الممرضة فيثير ذلك الخلايا البلعمية الكبيرة فتقوم بالتهام هذه الأنتيجينات من جديد، وتستمر هذه العملية لعدة أيام أو أسابيع (شكل ١٨).

والأجسام المضادة التى تكوّنها الخلايا البلازمية تكون غير فعالة بما فيه الكفاية فى تدمير الخلايا الغريبة مثل الخلايا المصابة بالفيروس. فالأجسام المضادة غير قادرة على المرور عبر أغشية الخلايا بسبب جزيئاتها الكبيرة نسبياً وبالتالى فهى لاتستطيع الوصول الى الفيروس الذى يتكاثر داخل الخلية، وفى هذه الحالة تتم مقاومة هذه الخلايا الغريبة بواسطة الخلايا الليمفاوية التائية T.



شكل (١٨) المناعة الخلطية (بالأجسام المضادة)

ب- المناعة الخلوية أو المناعة بالخلايا الوسيطة :

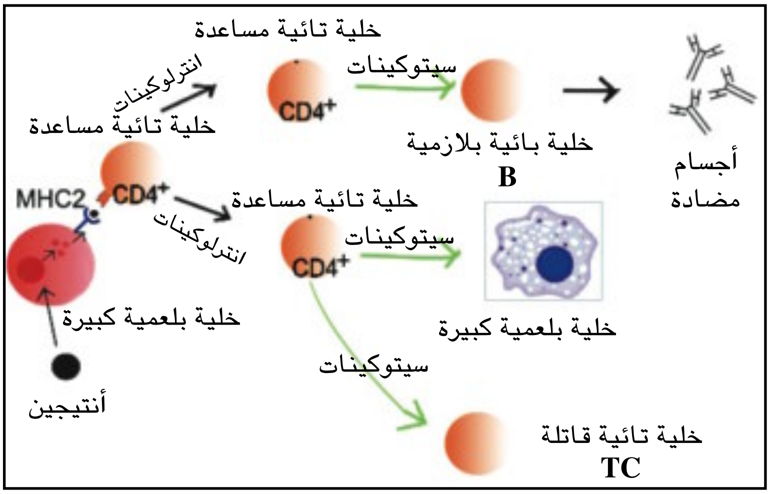
:Cellular or cell–mediated immunity

هى الاستجابة المناعية التى تقوم بها الخلايا الليمفاوية التائية T بواسطة المستقبلات الموجودة على أغشيتها التى تكسبها الإستجابة النوعية للأنتيجينات، حيث تنتج كل خلية تائية أثناء عملية النضج نوعا من المستقبلات Receptors الخاصة بغشائها وبذلك فإن كل نوع من هذه المستقبلات يمكنه الارتباط بنوع واحد من الأنتيجينات. ويمكن تلخيص هذه الآلية كما يلى:

١- عند دخول الكائن الممرض (البكتيريا او الفيروسات) الى الجسم، فإن الخلايا البلعمية الكبيرة تقوم بابتلاعه ثم تفككه الى أجزاء صغيرة ثم ترتبط هذه الأجزاء داخل الخلايا البلعمية الكبيرة ببروتين التوافق النسيجى MHC . بعد ذلك ينتقل المركب الناتج من ارتباط الانتيجين مع الـ MHC الى سطح الغشاء البلازمى للخلايا البلعمية الكبيرة، أى يتم عرضه على سطحها الخارجى.

مطابع روز اليوسف

٢- ترتبط الخلايا التائية المساعدة T_H - والتى تتميز بوجود المستقبل CD4 على غشائها - بالمركب الناتج من ارتباط الانتيجين مع الـ MHC الذى يظهر على سطح الخلايا البلعمية الكبيرة عندما تتقابل بمستقبلها CD4 مع هذا المركب، ثم تقوم الخلايا التائية



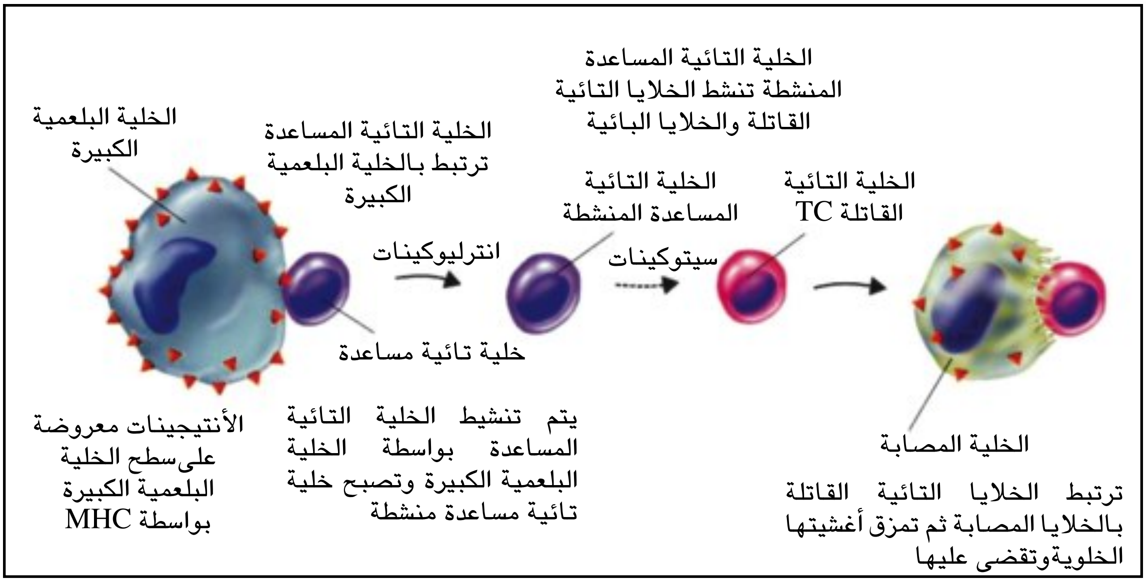
شكل (١٩) المناعة الخلوية

المساعدة T_H المنشطة بإطلاق المواد البروتينية التى تدعى **انترلوكينات** لتقوم بتنشيط الخلايا التائية المساعدة التى ارتبطت بها كى تنقسم لتكون سلالة من الخلايا التائية المساعدة T_H المنشطة وخلايا T_H ذاكرة تبقى لمدة طويلة فى الدم لتتعرف على نوع الأنتيجين السابق اذا دخل ثانية للجسم.

كما تقوم الخلايا التائية المساعدة T_H المنشطة بافراز عدة أنواع من بروتينات **السيتوكينات** التى تعمل على:

- جذب الخلايا البلعمية الكبيرة الى مكان الاصابة بأعداد غفيرة.
- تنشيط الخلايا البلعمية الكبيرة والأنواع الأخرى من الخلايا الليمفاوية التائية القاتلة والسامة (T_C) وكذلك الخلايا البائية (B)، وبالتالى يتم تنشيط آليتى المناعة الخلوية والخلطية.
- تنشيط الخلايا القاتلة الطبيعية (NK) لمهاجمة خلايا الجسم غير الطبيعية كالخلايا السرطانية أو الخلايا المصابة بالكائنات الممرضة.

٣- تتعرف الخلايا التائية القاتلة أو السامة T_C بواسطة المستقبل CD8 الموجود على سطحها على الأجسام الغريبة سواء كانت أنسجة مزروعة فى الجسم أو أنتيجينات الميكروبات التي تدخل الجسم، أو الخلايا السرطانية و تقضى عليها، فعندما ترتبط هذه الخلايا بالأنتيجين فإنها تقوم بتثقيب غشاء ذلك الجسم الغريب (الميكروب أو الخلايا السرطانية مثلا) بواسطة إفراز بروتين معين يسمى **البيرفورين** Perforin (**أوالبروتين صانع الثقوب** performing protein)، وإفراز سموم ليمفاوية تنشط جينات معينة فى نواة الخلايا المصابة مما يؤدى الى تفتيت نواة الخلية وموتها.



شكل (٢٠) المناعة الخلوية (بالخلايا الوسيطة)

تثبيط الاستجابة المناعية :

بعد ان يتم القضاء على الأنتيجينات الغريبة، ترتبط الخلايا التائية المثبطة (T_S) بواسطة المستقبل CD8 الموجود على سطحها مع الخلايا البلازمية والخلايا التائية المساعدة والسامة فيحفزها هذا الارتباط على إفراز بروتينات الليمفوكينات Lymphokins التى تثبط أو تكبت الاستجابة المناعية أو تعطلها، وبذلك تتوقف الخلايا البائية (B) البلازمية عن إنتاج الأجسام المضادة وكذلك موت الكثير من الخلايا التائية المساعدة والسامة المنشطة ولكن بعضها يختزن فى الأعضاء الليمفاوية، حيث تبقى هناك مهيأة لمكافحة أى عدوى مماثلة عند الحاجة.

مطابع روز اليوسف

مراحل المناعة المكتسبة

عندما يصاب فرد ما بمرض معين مثل الحصبة، فإنه لايصاب به مرة ثانية طوال حياته. هل تعرف لماذا؟

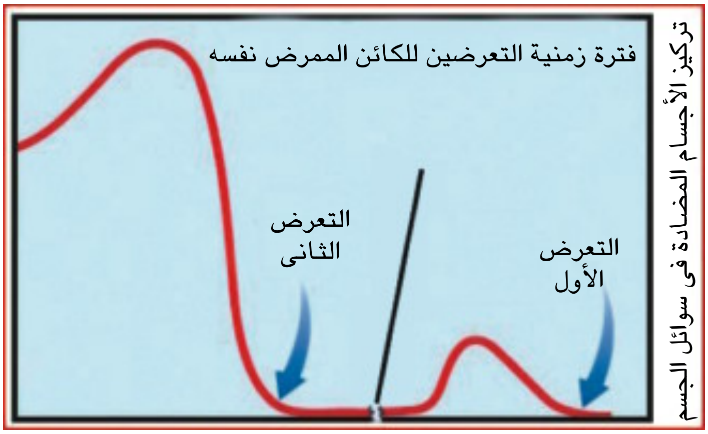
لإنه قد اكتسب مناعة لهذا المرض، وهى تحدث على مرحلتين:

المرحلة الأولى: الاستجابة المناعية الأولية
Primary immune response

عندما يلاقى الجهاز المناعى كائنًا ممرضًا جديدًا، فإن الخلايا البائية والتائية تستجيب لأنتيجينات ذلك الكائن الممرض وتقوم بمهاجمته حتى تقضى عليه، وهذا يستغرق وقتًا، فهذه الخلايا الليمفاوية فى حاجة إلى الوقت كى تتضاعف، ولذلك فإن الاستجابة الأولية تستغرق ما بين خمسة إلى عشرة أيام كى تصل إلى أقصى إنتاجية من الخلايا البائية والتائية، أثناء هذا الوقت يمكن أن تصبح العدوى واسعة الانتشار وتظهر أعراض المرض.

المرحلة الثانية: الاستجابة المناعية الثانوية
Secondary immune response

إذا ما أصيب ذلك الفرد مرة ثانية بنفس ذلك الكائن الممرض ، فإن الاستجابة المناعية تكون سريعة جدًا إلى الدرجة التى غالبًا ما يتم فيها تدمير الكائن الممرض قبل أن تظهر أعراض المرض.



شكل (٢١) الاستجابة المناعية الأولية والثانوية

وتعرف الخلايا المسئولة عن الاستجابة المناعية الثانوية بخلايا الذاكرة Memory cells، فهى تختزن معلومات عن الأنتيجينات التى حاربها الجهاز المناعى فى الماضى.

يحتوى جسمك على كل من خلايا الذاكرة البائية وخلايا الذاكرة التائية، وكلا النوعين من خلايا الذاكرة يتكون أثناء الاستجابة المناعية الأولية، ففى حين أن الخلايا البائية والخلايا التائية لا تعيش إلا أيامًا معدودة، فإن خلايا الذاكرة تعيش عشرات السنين أو قد يمتد بها الأجل طول العمر.

أثناء المجابهة الثانية مع نفس الكائن الممرض ، تستجيب خلايا الذاكرة لذلك الكائن الممرض فور دخوله الى الجسم، فتبدأ فى الانقسام سريعًا وينجم عن نشاطها السريع إنتاج العديد من الأجسام المضادة والعديد من الخلايا التائية النشطة خلال وقت قصير.

أسئلة

س١ اختر الاجابة الصحيحة مما يلى :

١- من أمثلة المناعة البيوكيمائية فى النباتات ....

أ- تكوين الفلين   ب- انتاج الفينولات   ج- ترسيب الصموغ   د- تكوين التيلوزات

٢- يتم نضج الخلايا الليمفاوية الجذعية الى الخلايا التائية T وتمايزها الى انواعها المختلفة فى .

أ- نخاع العظام   ب- الغدة التيموسية   ج- الطحال   د- اللوزتان

٣- تصنع الخلايا البائية B وتنضج فى ....

أ- الغدة التيموسية   ب- نخاع العظام   ج- الطحال   د- اللوزتان

٦- الخلايا الليمفاوية التى توجد فى الدم هى ....

أ- الخلايا البائية B   ب- الخلايا التائية T

ج- الخلايا القاتلة الطبيعية   د- جميع ماسبق

٤- الخلايا الليمفاوية التى تهاجم الخلايا السرطانية والأعضاء المزروعة هى ....

أ- الخلايا التائية T المساعدة   ب- الخلايا التائية T السامة

ج- الخلايا التائية T المثبطة   د- جميع ما سبق

٥- من الخلايا التى لها القدرة على التهام الميكروبات والاجسام الغريبة.........................

أ- الخلايا البلعمية الكبيرة   ب- خلايا الدم البيضاء عديدة الأنوية

ج- خلايا الدم البيضاء وحيدة النواة   د- جميع ما سبق

س٢ علل لما يأتى :

- تغلظ الجدار الخلوى لخلايا النبات بالسليلوز واللجنين
- تمتد من الخلايا البارنشيمية المجاورة لقصيبات الخشب بروزات تدخل من خلال النقر عند تعرض الجهاز الوعائى للقطع أو غزو الكائنات الممرضة
- تفرز بعض النباتات مركبات سامة مثل الفينولات
- يلعب هرمون التيموسين دورا فى عمل الجهاز المناعى
- تزيد أعداد الخلايا التائية T المثبطة بعد القضاء على الميكروبات

مطابع روز اليوسف

- يزداد افراز الأنترفيرونات فى الخلايا المصابة بالفيروسات
- تعدد أنواع الأجسام المضادة
- تعتبر الدموع واللعاب من انواع المناعة الطبيعية
- لا يصاب الانسان بالحصبة الا مرة واحدة
- يقتل النبات بعض انسجته المصابه بالميكروب

س٣ ماذا يحدث فى الحالات التالية ؟

١- دخول ميكروب حاملا على سطحه انتيجين معين إلى الجسم

٢- حدوث قطع فى فى جزء من النبات

٣- اصابة النباتات ببكتريا سامة

٤- نقص افراز هرمون التيموسين فى الانسان

٥- نقص الانترفيرونات من الخلايا المصابة بالفيروسات

س٤ قارن بين :

١- المناعة الطبيعية والمناعة المكتسبة فى الإنسان

٢- المناعة التركيبية والمناعة البيوكيميائية فى النباتات

٣- الخلايا البائية B والخلايا التائية T

٤- الخلايا التائية السامة والخلايا التائية المثبطة

٥- الكيموكينات والإنترليوكينات

٦- المتممات والانترفيرونات

٧- المناعة الأولية والمناعة الثانوية

س٥ ما المقصود بكل من :

١- المناعة البيوكيميائية فى النبات   ٢- التيلوزات   ٣- العقد الليمفاوية

٤- الخلايا التائية   ٥- الخلايا البلعمية الكبيرة   ٦- الكيموكينات

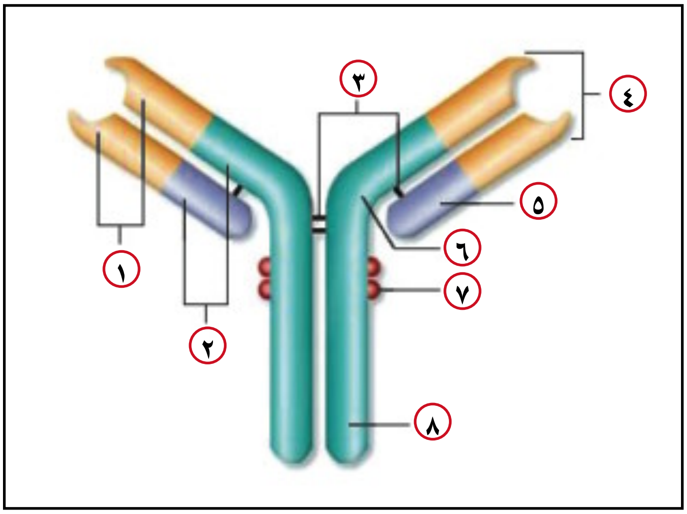
٧- الانترفيرونات   ٨- سلسلة المتممات   ٩- الاستجابة بالالتهاب

س٦ اذكر مكان ووظيفة كل من :

١- الغدة التيموسية ٢- الطحال ٣- اللوزاتان

٤- بقع باير ٥- الخلايا القاتلة الطبيعية ٦- الصملاخ

س٧ الشكل المقابل يوضح تركيب الجسم المضاد، من خلال هذا الشكل أجب عن الأتى :



١- اكتب البيانات التى تشير اليها الأرقام

٢- ما هى السلاسل الثقيلة وما هى السلاسل الخفيفة ؟ وكيف ترتبط ببعضها ؟

٣- كيف تختلف الأجسام المضاده عن بعضها ؟

٤- ما المقصود بالجزء الثابت والجزء المتغير من الجسم المضاد ؟

٥- كيف يتكون معقد الأنتيجن والجسم المضاد ؟

س٨ تنتج الاستجابة الالتهابية عن اصابة خلية بأذى

أ - ما دور الهستامين فى الاستجابة الالتهابية ؟

ب - ما الفائدة من استجابة أكثر من نوع من خلايا الدم البيضاء فى الاستجابة الألتهابية ؟

س٩ حدد الدور الذى تؤديه خلايا الذاكرة فى حماية الجسم من الاصابة بالأمراض ؟

س١٠ اذكر بعض وسائل المناعة الطبيعية التى تمثل خط الدفاع الأول فى الانسان

س١١ وضح التغيرات الشكلية التى تحدث لخلايا النبات عند اصابتها بالميكروبات

س١٢ اذكر ثلاث أعضاء ليمفاوية تلعب دورا هاما فى جهاز المناعة فى الانسان .. ثم وضح دور كل عضو من هذه الأعضاء فى حماية الجسم

س١٣ وضح بالرسم مع كتابة البيانات (أ) قطاع فى عقدة ليمفاوية

(ب) تركيب الجسم المضاد

س١٤ وضح بالرسم أنواع خلايا الدم البيضاء المختلفة

س١٥ ضح طرق عمل الأجسام المضادة

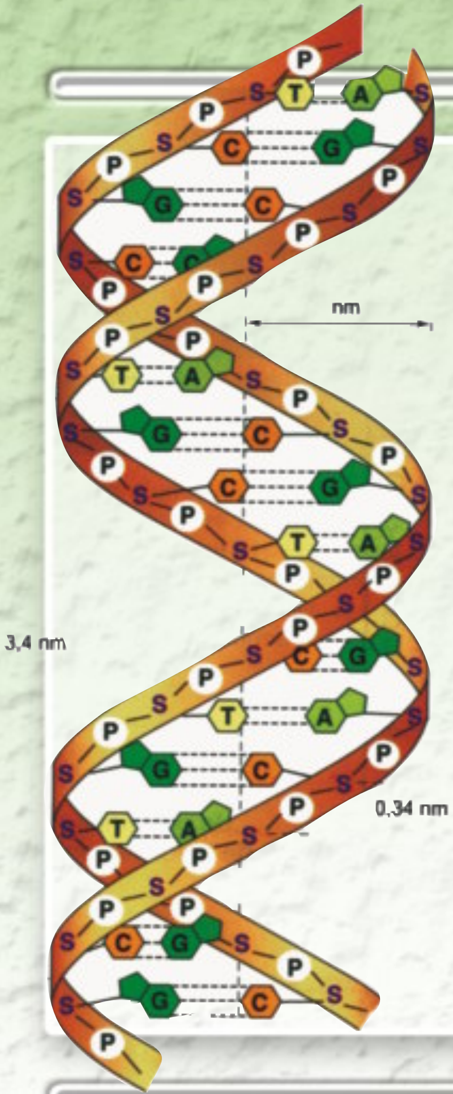
س١٦ صف كيف تتعرف الخلايا الليمفاوية على مسببات المرض وكيف يتم الارتباط بها؟

الباب الثانى

البيولوجية الجزيئية

الفصل الأول

الحمض النووى DNA والمعلومات الوراثية



فى نهاية هذا الفصل ينبغى أن يكون الطالب قادراً على أن:

- يتعرف دور العلماء فى معرفة مادة الوراثة.
- يتعرف تركيب الحمض النووى DNA
- يتعرف كيفية تضاعف DNA وأهمية ذلك بالنسبة للخلايا
- يقدر دور العلماء فى التوصل إلى تركيب لولب DNA وتضاعفه

يستنتج الفروق بين DNA فى أوليات وحقيقيات النواة

- يتخيل طول DNA وكيف يتم تكثيفه ليشغل حيزاً صغيراً بالنواة.
- يتعرف تركيب المحتوى الجينى.
- يتعرف الطفرات وأنواعها.
- يكتشف أسباب الطفرة ونواتجها.

صفحة بيضاء

سنتعرض فيما يلى لبعض الأسئلة الأساسية عن الحياة : ما الذى يدفع البيضة الملقحة المفردة - التى نشأ كل فرد عنها - إلى أن تنقسم وتنمو لتأخذ شكلاً مميزًا لكل فرد ؟ وما الذى يجعل كل فرد متميزاً عن غيره من البشر ؟ ومع ذلك فإن هناك تشابها عاماً بين أفراد الجنس البشرى ، والإجابة على مثل هذه الأسئلة توجد فى المعلومات الوراثية . ووحدات المعلومات الوراثية التى تتحكم فى الصفات الموروثة يطلق عليها اسم الجينات .

ولقد وجد علماء البيولوجى إنه أثناء انقسام الخلية تنفصل الصبغيات (الكروموسومات) عن بعضها البعض بحيث يصبح فى النهاية لكل خلية ناشئة عن الانقسام نفس عدد الصبغيات الموجودة فى الخلية الأصلية، مما يدل على أن الصبغيات هى التى تحمل المعلومات الوراثية، إلا أن الصبغيات يدخل فى تركيبها مركبان رئيسيان هما DNA والبروتينات فأى منهما يحمل المعلومات الوراثية ؟

ومن الواضح أن الجينات لابد أنها تحتوى على معلومات كثيرة متنوعة ، وكان من المعروف أن البروتينات مجموعة من الجزيئات المتنوعة حيث يدخل فى تركيبها ٢٠ حمضًا أمينيًا مختلفًا وتتجمع هذه الأحماض الأمينية بطرق متباينة لتعطى عددًا لا حصر له من المركبات البروتينية المختلفة بينما يدخل فى تركيب DNA أربع نيوكليوتيدات فقط، ولذلك اعتقد العلماء فى أول الأمر أن البروتينات هى التى تحمل المعلومات الوراثية، إلا أنه فى الأربعينيات من القرن الماضى ظهر خطأ هذا الاعتقاد، حيث اتضح أن DNA هو الذى يحمل المعلومات الوراثية ، واكتشاف أن DNA هو المادة الوراثية أدى إلى قيام العلماء بدراسة الأساس الجزيئى للوراثة والذى يطلق عليه عادة اسم البيولوجيا الجزيئية (Molecular Biology) وهو أحد المجالات الحديثة فى العلم والذى يتقدم بسرعة كبيرة جدًا .

الأدلة على أن DNA هو المادة الوراثية

١-التحول البكتيرى :(Bacterial Transformation)

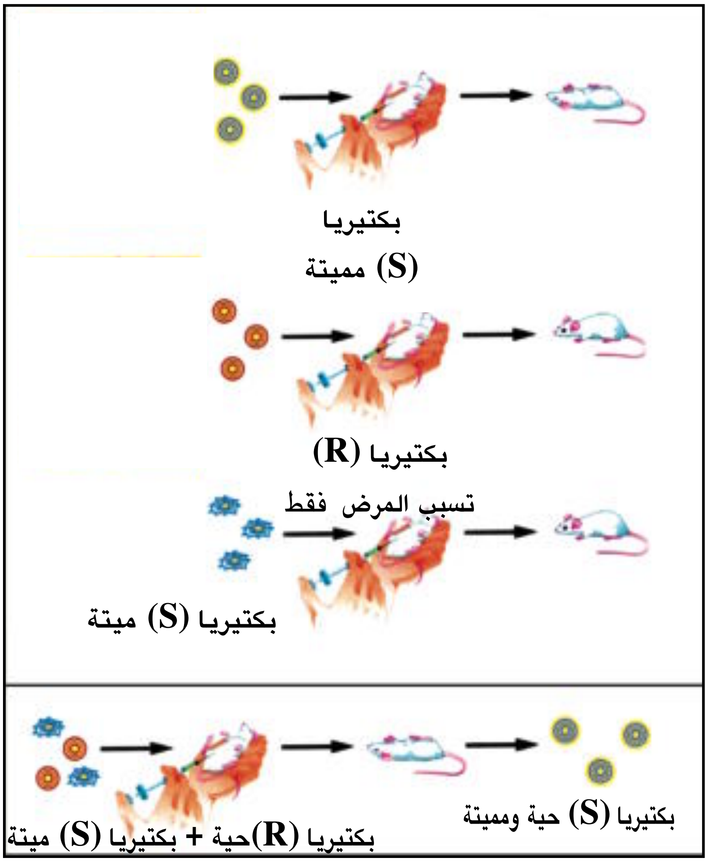
ظهر أول دليل يثير الشك حول اعتبار أن الجينات تتكون من البروتين فى عام ١٩٢٨ حين كان العالم البريطانى جريفث (Griffith) يدرس البكتيريا المسببة لمرض الالتهاب الرئوى. وقد أجرى جريفث تجاربه على الفئران (شكل ١) مستخدمًا نوعين من سلالة البكتيريا المسببة للالتهاب الرئوى وهما :

- سلالة مميتة (S): تؤدى إلى موت الفئران بسبب الالتهاب الرئوى الحاد .
- سلالة غير مميتة (R): تؤدى إلى إصابة الفئران بالالتهاب الرئوى ولا تسبب موتها .

وقد تأكد من ذلك بعد حقن فئران ببكتيريا (S) فماتت، بينما عند حقن مجموعة أخرى من الفئران ببكتيريا (R) فلم تمت .

- حقنت مجموعة من الفئران ببكتيريا (S) التى سبق قتلها بالحرارة فلم تمت الفئران .
- وعندما حقنت مجموعة أخرى من الفئران ببكتيريا (S) الميتة مع بكتيريا (R) الحية لاحظ جريفث موت بعض الفئران ، وعند فحص الفئران الميتة وجد بها بكتيريا (S) حية . استنتج جريفث أن المادة الوراثية الخاصة بالبكتيريا (S) قد انتقلت إلى داخل البكتيريا (R) وحولتها إلى بكتيريا مميتة من النوع (S) أطلق على هذه الظاهرة اسم (التحول البكتيرى) ولم يفسر لنا كيفية انتقال المادة الوراثية من بكتيريا (S) إلى بكتيريا (R)

وقد تمكن إفرى وزملاؤه من عزل مادة التحول البكتيرى التى تسببت فى تحول بكتيريا غير المميتة إلى سلالة البكتيريا (S) المميتة وعند تحليل هذه المادة وجد أنها تتكون من DNA.



شكل (١) تجربة جريفث

وتفسر النتائج السابقة على أن إحدى السلالات البكتيرية قد امتصت DNA الخاص بسلالة أخرى - وذلك بطريقة مازالت غير معروفة حتى الآن - واكتسبت هذه البكتيريا خصائص البكتيريا التى أتى منها DNA ، وأهم من ذلك أن هذا التحول البكتيرى للبكتيريا المستقبلة قد انتقل إلى الأبناء.

وقد أثير فى أول الأمر اعتراض على أن DNA هو المادة الوراثية وذلك على أساس أن الجزء من DNA الذى سبب التحول لم يكن على قدر كاف من النقاوة ، ولذلك كانت به كمية من البروتين هى التى سببت هذا التحول .

التجربة الحاسمة :

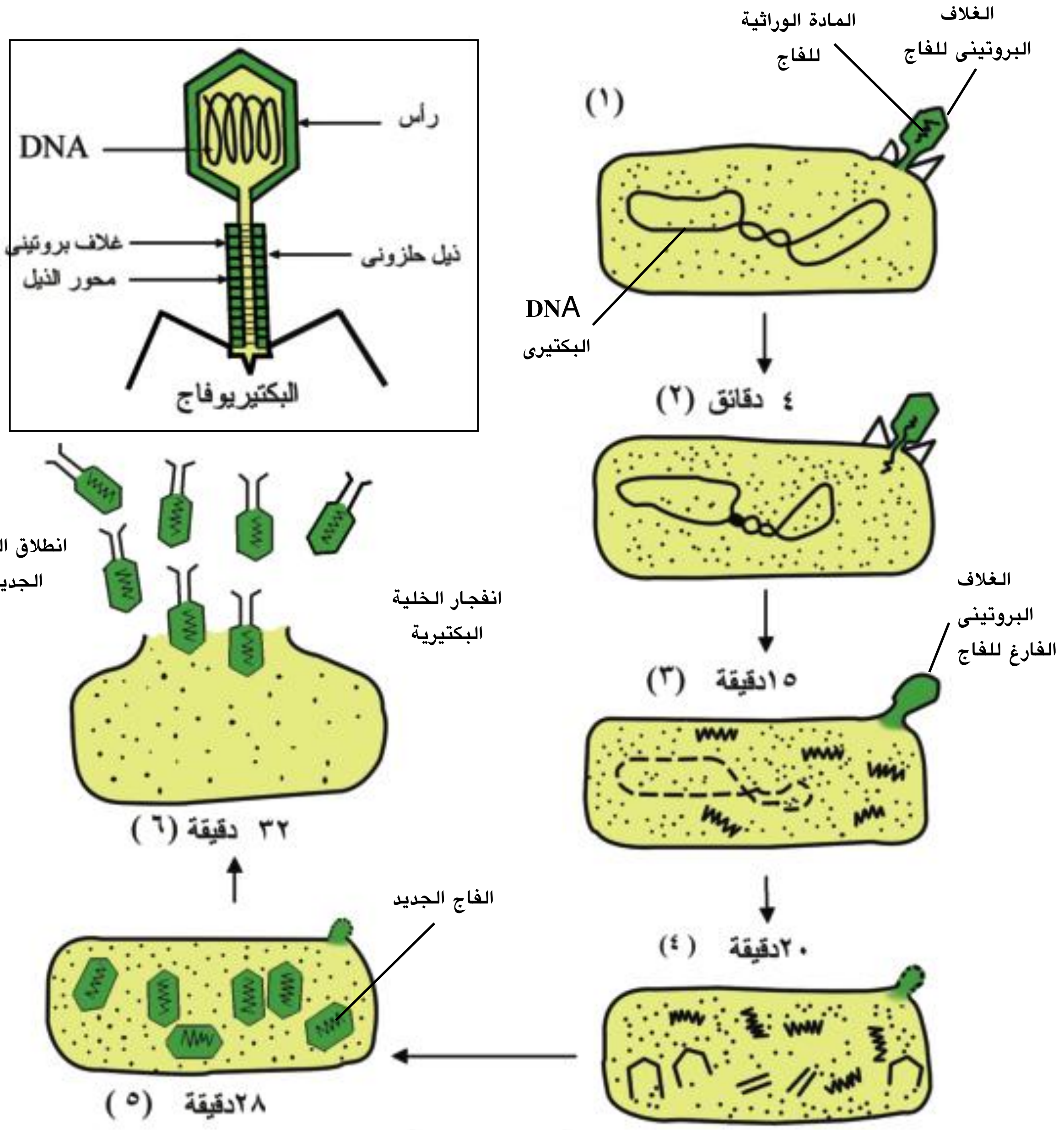
أجريت هذه التجربة عندما اكتُشف واستخلص إنزيم له القدرة على تحليل جزىء DNA تحليلا كاملا ويسمى هذا الأنزيم دى أكسى ريبونيوكليز (Deoxyribonuclease) إلا أنه لا يؤثر على المركبات البروتينية أو RNA ، ولقد وجد أنه عندما عوملت المادة النشطة المنتقلة بهذا الأنزيم توقفت عملية التحول مما يؤكد أن DNA هو المادة الوراثية .

٢ - لاقمات البكتيريا :(Bacteriophages)

وهناك دليل آخر على أن DNA هو المادة الوراثية يأتى من الدراسات التى أجريت على لاقمات البكتيريا (فاج Phage للاختصار) ، وقد كان من المعروف قبل ذلك أن الفاج الذى استخدم فى هذه التجارب يتكون من DNA وغلاف بروتينى يحيط به ويمتد ليكون مايشبه الذيل الذى يتصل بالخلية البكتيرية التى يهاجمها ، وقد لوحظ أنه بعد حوالى ٣٢ دقيقة من اتصال الفيروس بالخلية البكتيرية تنفجر الخلية البكتيرية ، ويخرج منها حوالى ١٠٠ فيروس جديد مكتمل التكوين ، ومن الواضح أن مادة ما (أو مجموعة مواد) مرت من الفيروس إلى الخلية البكتيرية تحتوى على جينات الفيروس .

ومن المعروف أن DNA يدخل فى تركيبه الفوسفور (كما سنرى فيما بعد) الذى لايدخل عادة فى بناء البروتين ، كما أن البروتين قد يدخل فى تركيبه الكبريت والذى لايدخل فى تركيب DNA.

وقد استغل هرشى (Hershy) وتشيس (Chase) هذه الحقيقة فى إجراء تجربة هامة (شكل ٢) حيث قاما بترقيم DNA الفيروسى بالفوسفور المشع وترقيم البروتين الفيروسى بالكبريت المشع، ثم سمحا لهذا الفيروس بمهاجمة البكتيريا وقاما بالكشف عن كل من الفوسفور المشع والكبريت المشع فى داخل وخارج الخلايا البكتيرية ، وقد أظهرت نتائج هذه التجربة أن كل DNA الفيروسى تقريبا قد دخل إلى داخل الخلية البكتيرية ، بينما لم يدخل من بروتين الفيروس إلى البكتيريا إلا أقل من ٣٪ أى أن DNA الفيروسى هو الذى يدخل إلى الخلية البكتيرية ويدفعها إلى بناء فيروسات جديدة .



(شكل ٢) تكاثر البكتيريوفاج

والاستنتاج من تجارب التحول البكتيرى والتجارب التى أجريت على الفاج هو أن الجينات على الأقل تلك الخاصة ببكتيريا الالتهاب الرئوى والفاج - تتكون من DNA.

لاحظ أننا قصرنا هذه الاستنتاجات على الكائنات الحية التى أجريت عليها التجارب. والسؤال التالى هو:

هل كل الجينات عبارة عن DNA؟

والإجابة عن هذا السؤال بالنفى وذلك لأن هناك بعض الفيروسات لايدخل DNA فى تركيبها بل ثبت أن RNA هو المادة الوراثية فى هذه الفيروسات ، إلا أن هذه الفيروسات بالتأكيد تشذ عن القاعدة حيث انها

تكون جزءًا صغيرًا من صور الحياة ، وعلى ضوء الدراسات العديدة التى أجريت حتى الآن تأكد أن DNA هو المادة الوراثية لكل صور الحياة تقريبًا.

٣ - كمية DNA فى الخلايا :

هناك دليل مادى آخر على أن DNA هو المادة الوراثية فى حقيقيات النواة فعند قياس كمية DNA فى أنواع مختلفة من الخلايا الجسدية لكائن معين (مثل الدجاج) وجد أنها متساوية ، بينما عند قياس كمية البروتين فى نفس الخلايا وجد أنها غير متساوية .

وعند مقارنة كمية DNA فى الخلايا الجسدية والخلايا الجنسية (الأمشاج) لنفس الكائن الحى ، وجد أن كمية DNA فى الخلايا الجنسية (الأمشاج) تعادل نصف كمية DNA الموجودة فى الخلايا الجسدية .

وحيث إن الفرد الجديد ينشأ عن اتحاد مشيج مذكر مع مشيج مؤنث لذا يجب أن يحتوى كل مشيج على نصف المعلومات الوراثية الموجودة فى الخلية الجسدية وإلا فإن المادة الوراثية ستتضاعف فى كل جيل بينما لايتفق هذا مع البروتين مما ينفى أن البروتين يعمل كمادة وراثية ومن جهة أخرى فإن البروتينات يتم هدمها وإعادة بنائها باستمرار فى داخل الخلايا ، بينما يكون DNA ثابتًا بشكل واضح فى الخلايا .

تركيب DNA

منذ أوائل الخمسينيات من القرن الحالى أصبح هناك أدلة قوية تكفى لاعتبار أن DNA يحمل المعلومات الوراثية الخاصة بالخلية ، وانشغل العديد من الباحثين فى محاولة التعرف على تركيب جزىء DNA ووضع نموذج له. وأى نموذج يوضع لتركيب جزىء DNA لابد أن يأخذ فى الاعتبار المعلومات التالية التى انبثقت عن العديد من التجارب :

١ - يتكون DNA من النيوكليوتيدات ، وتتركب كل نيوكليوتيدة من ثلاثة مكونات : سكر خماسى ديوكسى ريبوز (deoxyribose) فى حالة نيوكليوتيدات (DNA) ومجموعة من الفوسفات مرتبطة برابطة تساهمية بذرة الكربون الخامسة فى السكر وواحدة من القواعد النيتروجينية الأربعة ترتبط برابطة تساهمية بذرة الكربون الأولى فى السكر الخماسى ، والقاعدة النيتروجينية قد تكون أحد مشتقات البيريميدين Pyrimidine ذى الحلقة الواحدة ثايمين (T)Thymine أو سيتوزين Cytosine (C)، أو أحد مشتقات البيورين Purine ذو الحلقتين ، أدينين(A)Adenine أو جوانين (G)Guanine.

٢ - عندما ترتبط النيوكليوتيدات ببعضها البعض فى شريط DNA فإن مجموعة الفوسفات المتصلة بذرة الكربون رقم ٥ فى سكر أحد النيوكليوتيدات ترتبط برابطة تساهمية مع ذرة الكربون رقم ٣ فى سكر

النيوكليوتيدة التالية (شكل ٣) والشريط الذى يتبادل فيه السكر والفوسفات يطلق عليه هيكل سكر فوسفات، وهذا الهيكل غير متماثل بمعنى أنه يوجد به مجموعة فوسفات طليقة مرتبطة بذرة الكربون رقم ٥ فى السكر الخماسى عند إحدى نهاياته ومجموعة هيدروكسيل OH طليقة مرتبطة بذرة الكربون رقم ٣ فى السكر الخماسى عند النهاية الأخرى، أما قواعد البيورين والبيريميدين فإنها تبرز على جانب واحد من هيكل سكر فوسفات.

٣ - فى كل جزيئات DNA يكون عدد النيوكليوتيدات المحتوية على الأدينين مساوياً لتلك التى تحتوى على الثايمين ، وعدد النيوكليوتيدات المحتوية على الجوانين تكون مساوية لتلك التى تحتوى على السيتوزين أى .G = C,A=T

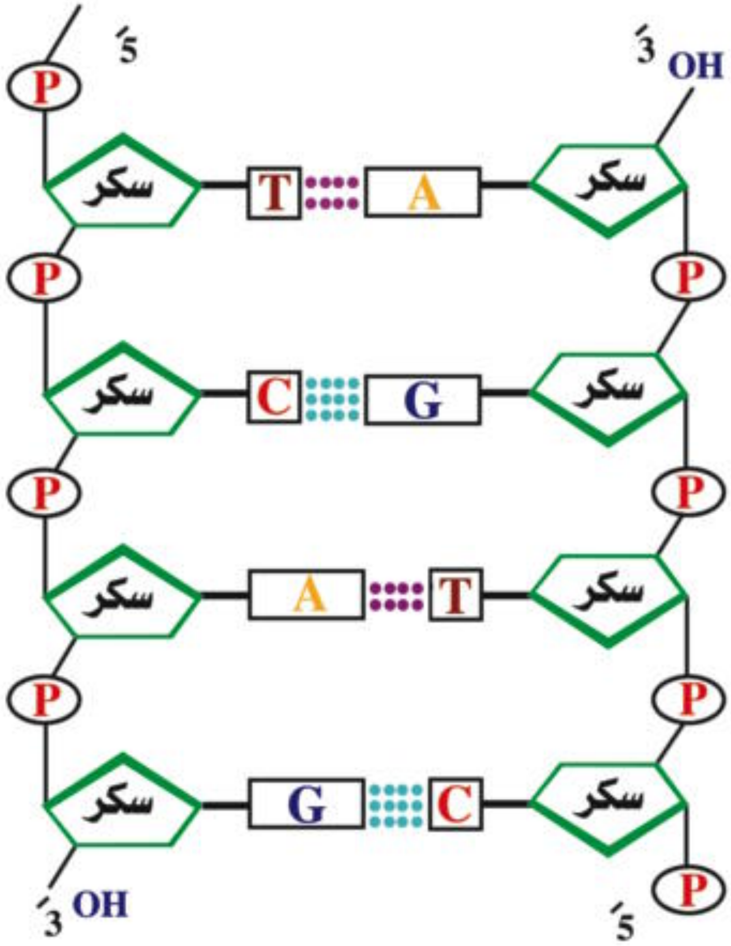
٤- ولقد جاء الدليل المباشر على تركيب DNA من الدراسات التى قامت بها فرانكلين (Franklin) حيث استخدمت تقنية حيود أشعة X فى الحصول على صور لبللورات من DNA عالى النقاوة، وفى هذه التقنية تمرر أشعة Xخلال بللورات من جزيئات ذات تركيب منتظم مما ينشأ عنه تشتت أشعة X حيث يظهر طراز من توزيع نقط يعطى تحليلها معلومات عن شكل الجزىء. وفى عام ١٩٥٢ نشرت فرانكلين صورا لبللورات من DNA عالى النقاوة. ولقد أوضحت نتائجها أن جزىء DNA ملتف على شكل حلزون أو لولب (helix) بحيث تكون القواعد متعامدة على طول الخيط، كما وفرت هذه الصور دليلا على أن هيكل سكر فوسفات يوجد فى الجهة الخارجية من اللولب وتوجد القواعد النيتروجينية جهة الداخل. وعلاوة على ذلك فإن قطر اللولب دل على أنه يتكون من أكثر من شريط من .DNA

بعد أن نشرت فرانكلين صور DNA بدأ سباق رهيب بين العلماء لوضع المعلومات المتاحة فى صورة نموذج (model) لتركيب جزىء DNA ، إلا أن أول من تمكن من وضع نموذج مقبول لتركيب DNA كان العالمان الإنجليزيان واطسن وكريك (Watson & Crick) ويتركب هذا النموذج من شريطين يرتبطان كالسلم حيث يمثل هيكلا السكر والفوسفات جانبى السلم، بينما تمثل القواعد النيتروجينية درجات السلم (شكل ٣).

ويتكون الدرج إما من الأدينين مرتبطًا بالثايمين، أو من الجوانين مرتبطاً بالسيتوزين، وفى كل درج قد توجد أى من القواعد الأربع على أى من الشريطين، وترتبط أزواج القواعد النيتروجينية فى كل درج بروابط هيدروجينية حيث توجد رابطتان بين الأدينين والثايمين، بينما يرتبط الجوانين والسيتوزين بثلاث روابط هيدروجينية (شكل ٣) وحيث إن كل زوج من القواعد النيتروجينية التى ترتبط ببعضها البعض يحتوى على قاعدة ذات حلقة واحدة، وأخرى ذات حلقتين فإن عرض درجات السلم يكون متساويًا ويكون شريطا DNA على نفس المسافة من بعضها البعض على امتداد جزىء DNA

ولكى تتكون الروابط الهيدروجينية بشكل سليم بين زوجى القواعد النيتروجينية رأى واطسون وكريك أن شريطى جزىء DNA يكون أحدهما فى وضع معاكس للآخر بمعنى أن مجموعة الفوسفات الطرفية المتصلة بذرة الكربون رقم ٥ فى السكر الخماسى فى شريطى DNA تكون عند الطرفين المعاكسين (شكل ٣).

وأخيرًا فإن سلم DNA ككل يلتف (يجدل) بحيث يوجد عشر نيوكليوتيدات فى كل لفة على الشريط الواحد ليتكون لولب أو حلزون DNA ، وحيث إن اللولب (أو الحلزون) يتكون من شريطين يلتفان حول بعضهما البعض ، فإن جزىء DNA يطلق عليه اللولب المزدوج (شكل ٤) .



(شكل ٣) تركيب DNA

مطابع روز اليوسف

تضاعف DNA

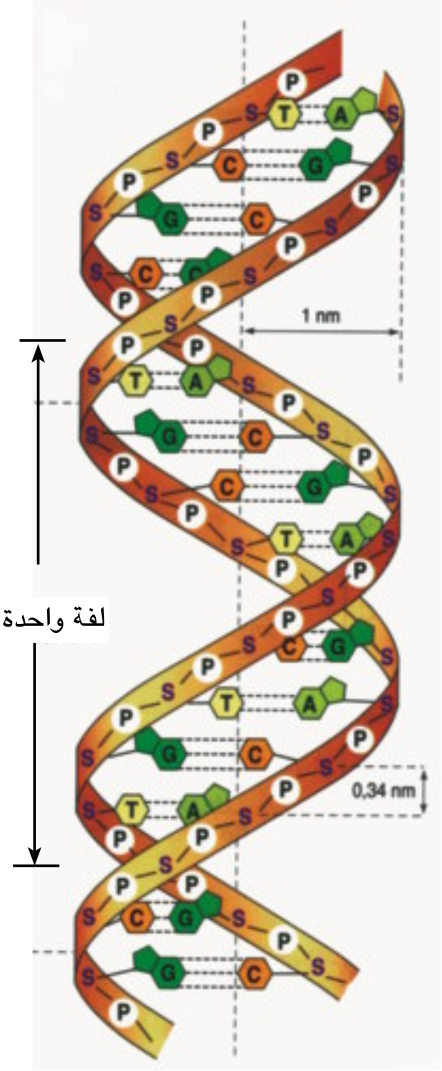
قبل أن تبدأ الخلية فى الانقسام تتضاعف كمية DNA بها حتى تستقبل كل خلية جديدة نسخة طبق الأصل من المعلومات الوراثية الخاصة بالخلية الأم، ولقد أشار كل من واطسون وكريك إلى أن تركيب الشريط المزدوج ذى القواعد المتزاوجة لجزىء DNA ، يحتوى على وسيلة يمكن بها مضاعفة المعلومات الوراثية بدقة ، فحيث إن الشريطين يحتويان على قواعد متكاملة . فإن تتابع النيوكليوتيدات فى كل شريط يوفر المعلومات اللازمة لإنتاج الشريط المقابل ، فمثلاً إذا كان تتابع القواعد النيتروجينية فى جزء من الشريط هو

3´... - C - C - T - A - A ...5´ فإن قطعة الشريط

التى تتكامل معها يكون ترتيب قواعدها النيتروجينية

5´... - G - G - A - T - T ...3´ فإذا ما تم فصل

شريطى DNA عن بعضهما البعض، فإن أيا منهما يمكن أن يعمل كقالب لإنتاج شريط يتكامل معه . ولقد قام العلماء بإجراء العديد من التجارب للتأكد من ذلك .



شكل (٤) اللولب المزدوج

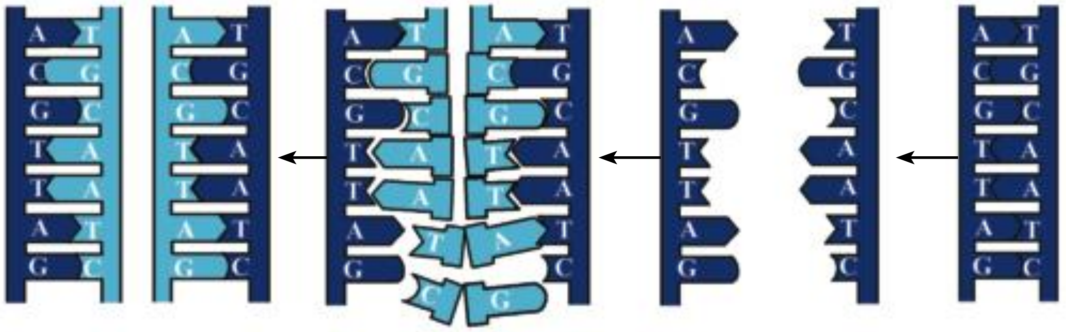
الإنزيمات وتضاعف DNA

يتطلب نسخ DNA تكامل نشاط عدد من الإنزيمات والبروتينات فى الخلية . ولكى يتم النسخ يتعين حدوث ما يلى :

١ - ينفك التفاف اللولب المزدوج .

٢ - تقوم إنزيمات اللولب (DNA-helicases) بالتحرك على امتداد اللولب المزدوج فاصلة الشريطين عن بعضهما البعض وذلك بكسر الروابط الهيدروجينية الموجودة بين القواعد المتزاوجة فى الشريطين وابتعادهما عن بعضهما لتتمكن القواعد من تكوين روابط هيدروجينية مع نيوكليوتيدات جديدة.

٣- تقوم إنزيمات البلمرة (DNA-Polymerases) ببناء أشرطة DNA الجديدة وذلك بإضافة النيوكليوتيدات واحدة بعد الأخرى إلى النهاية 3´ لشريط DNA الجديد، ولكى يتم إضافة النيوكليوتيدة إلى الشريط الجديد لابد أولاً أن تتزاوج القاعدة النيتروجينية فى النيوكليوتيدة مع القاعدة النيتروجينية الموجودة على شريط القالب (شكل ٥) .



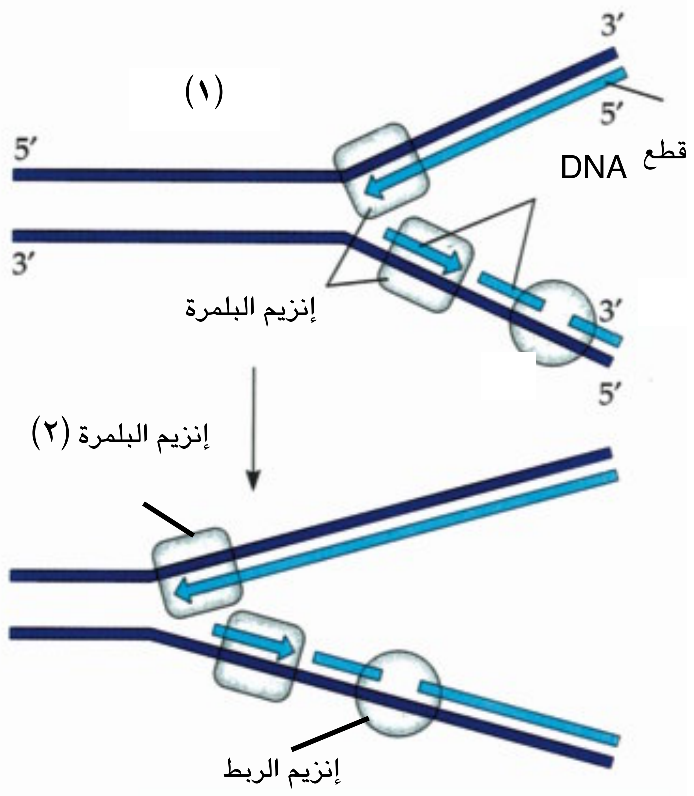
شكل (٥) تضاعف DNA

ومن المعروف أن إنزيم البلمرة يعمل فى اتجاه واحد فقط من الطرف 5´ فى اتجاه 3´ للشريط الجديد الذى يجرى بناؤه، ولقد سبق أن ذكرنا أن شريطى لولب DNA المزدوج متوازيان عكسيًا أى أن أحدهما يكون فى اتجاه 3´ إلى 5´، بينما الشريط المتزاوج معه يتوجه فى الاتجاه المعاكس أى فى اتجاه 5´ إلى 3´، وعلى ذلك فعندما يعمل إنزيم اللولب على فصل شريطى جزىء DNA يتم ذلك فى اتجاه النهاية 3´لأحد الشريطين والنهاية 5´ للشريط الآخر. وبالنسبة للشريط القالب 3´ ← 5´ ليست هناك مشكلة حيث إن إنزيم البلمرة يتبع إنزيم اللولب مباشرة مضيفاً نيوكليوتيدات جديدة إلى النهاية 3´ إلا أن ذلك لايحدث بالنسبة للشريط الآخر المعاكس. وذلك لأن انزيم البلمرة لا يعمل فى اتجاه 3´ ← 5´، ولذا فإن هذا الشريط يتم بناؤه على شكل قطع صغيرة فى اتجاه 5´ ← 3´، ثم ترتبط هذه القطع الصغيرة مع بعضها البعض بواسطة إنزيم الربط (DNA ligase) (شكل ٦).

- ينتظم DNA فى حقيقيات النواة فى صورة صبغيات حيث يحتوى كل صبغى على جزىء واحد من DNA يمتد من أحد طرفيه إلى الطرف الآخر، ويبدأ نسخ DNA عند اى نقطة على امتداد الجزىء.

أما فى أوليات النواة فإن جزىء DNA يوجد على شكل لولب مزدوج إلا أن نهاياته تلتحم بعضها مع بعض، وهذا الجزىء يتصل بالغشاء البلازمى للخلية عند نقطة واحدة يبدأ عندها نسخ جزىء DNA.

مطابع روز اليوسف



شكل (٦) تضاعف DNA

إصلاح عيوب DNA

كل المركبات البيولوجية التى توجد على شكل بوليمرات (مركبات طويلة تتكون من وحدات بنائية متكررة كالنشا والبروتين ، والأحماض النووية) معرضة للتلف من حرارة الجسم ومن البيئة المائية فى داخل الخلية ولايشذ DNA عن ذلك، حيث يقدر أن حوالى ٥٠٠٠ قاعدة بيورينية (أدينين وجوانين) تفقد كل يوم من DNA الموجود فى الخلية البشرية . وذلك لأن الحرارة تعمل على كسر الروابط التساهمية التى تربط السكريات الخماسية ، وبالإضافة إلى ذلك فإن DNA يمكن أن يتلف بالعديد من المركبات الكيميائية ، وكذلك بالإشعاع، وأى تلف فى جزىء DNA يمكن أن يحدث تغييرًا فى المعلومات الموجودة به، مما قد ينتج عنه تغيرات خطيرة فى بروتينات الخلية .

ومع ذلك ورغم أن هناك آلاف التغيرات التى تحدث لجزىء DNA كل يوم ، إلا أنه لا يستمر فى DNA الخلية من هذه التغيرات كل عام إلا تغيران أو ثلاثة تكون لها صفة الدوام، أما الغالبية العظمى من التغيرات فتزال بكفاءة عالية نتيجة لنشاط مجموعة من ٢٠ إنزيمًا تعمل على إصلاح عيوب DNA يطلق عليها إنزيمات الربط (DNA ligases)التى تعمل فى تناغم لتعرف المنطقة التالفة من جزىء DNA وإصلاحها حيث

تستبدلها بنيوكليوتيدات تتزاوج مع تلك الموجودة على الشريط المقابل فى الجزء التالف .

ويعتمد إصلاح عيوب DNA على وجود نسختين من المعلومات الوراثية واحدة على كل من شريطى اللولب المزدوج ، وطالما ظل أحد هذين الشريطين دون تلف تستطيع تلك الإنزيمات أن تستخدمه كقالب لإصلاح التلف الموجود على الشريط المقابل، وعلى ذلك فكل تلف يمكن إصلاحه إلا إذا حدث فى الشريطين فى نفس الموقع وفى ذات الوقت ، لكن المادة الوراثية لبعض الفيروسات توجد على صورة شريط مفرد من RNA ، ولذلك يظهر بها معدل مرتفع من التغير الوراثى الذى ينشأ عن تلف فى شريط RNA ، وعلى ذلك فاللولب المزدوج يعتبر حيويًا للثبات الوراثى للكائنات الحية التى يوجد بها .

DNA فى أوليات النواة

سبق أن ذكرنا أن DNA فى أوليات النواة يوجد على شكل لولب مزدوج تلتحم نهاياته معاً ، فإذا تصورنا أنه أمكن فرد DNA الخاص ببكتيريا إيشيريشيا كولاى (Escherichia coli) على شكل خط مستقيم لوصل طوله إلى ١،٤ مم ، بينما طول الخلية البكتيرية نفسها لا يصل إلا إلى حوالى ٢ ميكرون ، ويلتف جزىء DNA البكتيرى الدائرى على نفسه عدة مرات ليحتل منطقة نووية تصل إلى حوالى ٠،١ من حجم الخلية ، ويتصل هذا الجزىء بالغشاء البلازمى للخلية فى موقع أو أكثر (شكل ٧) .

وبالإضافة إلى ما سبق، فإن بعض البكتيريا تحتوى على واحدة أو أكثر من جزيئات DNA الصغيرة الدائرية يطلق عليها اسم بلازميدات Plasmids تستخدم على نطاق واسع فى الهندسة الوراثية كما سنرى فيما بعد. وتضاعف الخلايا البكتيرية البلازميدات الموجودة بها فى نفس الوقت الذى تضاعف فيه DNA الرئيسى بها، ويستغل العلماء هذا النشاط بإدخال بلازميدات صناعية إلى داخل الخلايا البكتيرية بهدف الحصول على نسخ كثيرة من هذه البلازميدات.

وجزيئات DNA التى توجد فى الميتوكوندريا وفى البلاستيدات الخضراء (عضيات حقيقيات النواة) تشبه تلك الموجودة فى أوليات النواة ، كما ثبت وجود البلازميدات فى خلايا الخميرة (من حقيقيات النواة) وهى كلها جزيئات دائرية من DNA لا تتعقد بوجود بروتين معها .

شكل (٧) صورة DNA بالمجهر الإلكترونى فى أوليات النواة

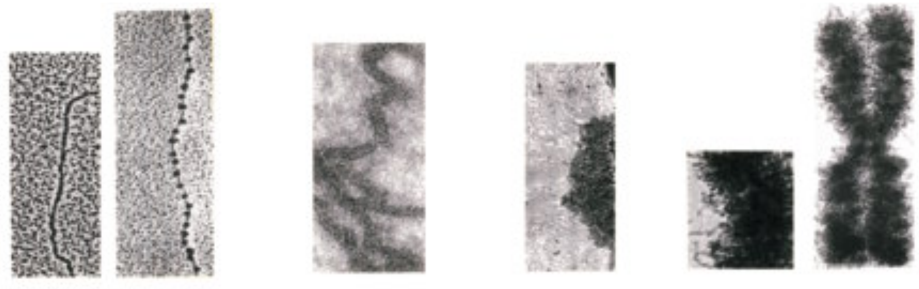
تركيب الصبغيات فى حقيقيات النواة

تظهر الصبغيات فى خلايا حقيقيات النواة أثناء انقسامها ، ويعتقد أن كل صبغى يدخل فى تركيبه جزىء واحد من DNA يمتد من أحد طرفيه إلى الطرف الآخر إلا أنه يلتف ويطوى عدة مرات ويرتبط بالعديد من البروتينات مكونا ما يسمى بالكروماتين (Chromatin) والذى يحتوى عادة على كمية متساوية من كل من البروتين و DNA وتقسم البروتينات التى تدخل فى تركيب الصبغيات إلى بروتينات هستونية (histone) وغير هستونية (nonhistone) والبروتينات الهستونية مجموعة محددة من البروتينات التركيبية الصغيرة والتى تحتوى على قدر كبير من الحمضين القاعديين أرجنين(Arginine) وليسين (Lysine) ، وتحمل المجموعة الجانبية (R) لهذين الحمضين الأمينيين عند الأس الهيدروجينى PH العادى للخلية شحنات موجبة ، وعلى ذلك فهى ترتبط بقوة بمجموعات الفوسفات الموجودة فى جزىء DNA والتى تحتوى على شحنات سالبة ، وتوجد الهستونات بكميات ضخمة فى كروماتين أى خلية.

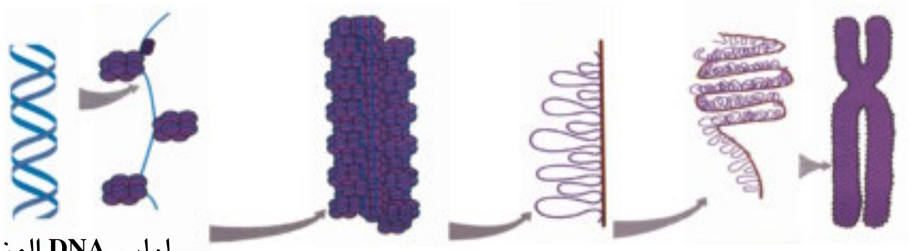
والبروتينات غير الهستونية مجموعة غير متجانسة من البروتينات ، وذات وظائف عديدة مختلفة فهى تشمل بعض البروتينات التركيبية (أى التى تدخل فى بناء تراكيب محددة) التى تلعب دورًا رئيسيًا فى التنظيم الفراغى لجزىء DNA فى داخل النواة ، كما تشمل بعض البروتينات التنظيمية التى تحدد ما إذا كانت شفرة DNA (DNA Code) ستستخدم فى بناء RNA والبروتينات والإنزيمات أم لا.

تحتوى الخلية الجسدية للإنسان على ٤٦ صبغى، فإذا تصورنا أنه أمكن فك اللولب المزدوج لجزىء DNA فى كل صبغى ووضعت هذه الجزيئات على امتداد بعضها البعض لوصل طولها إلى ٢ متر ، والهستونات وغيرها من البروتينات هى المسئولة عن ضم هذه الجزيئات الطويلة لتقع فى حيز نواة الخلية والتى يتراوح قطرها من ٢ - ٣ ميكرون.

ولقد أوضح التحليل البيوكيميائى وصور المجهر الإلكترونى أن جزىء DNA فى الصبغى يلتف حول مجموعات من الهستون مكوناً حلقات من النيوكليوسومات (nucleosomes) (شكل ٨) مما يؤدى إلى تقصير طول جزىء DNA عشر مرات ، إلا أنه يتعين أن يضم الجزىء ويقصر حوالى ١٠٠،٠٠٠ مرة حتى تستوعبه النواة ، ولهذا فإن حلقات النيوكليوسومات تلتف مرة أخرى لتنضم مع بعضها البعض ، ومع ذلك فإن كل ماسبق ليس بكاف لتقصير جزىء DNA إلى الطول المطلوب وأشرطة النيوكليوسومات الملتفة بشدة ترتب على شكل حلقة كبيرة بواسطة البروتينات التركيبية غير الهستونية للكروماتين ، والكروماتين الملتف والمكدس بشكل كبير يشار إليه على أنه مكثف ، وعندما يكون جزىء DNA على هذه الحالة لا تستطيع الإنزيمات أن تصل إليه ، ويتعين فك هذا الالتفاف والتكدس على الأقل إلى مستوى شريط من النيوكليوسومات قبل أن يعمل DNA كقالب لبناء DNA أو RNA.



شكل (٨ أ) صورة ميكروسكوبية



شكل (٨ ب) شكل تخطيطى

تركيب المحتوى الجينى

يطلق على كل الجينات وبالتالى كل DNA الموجودة فى الخلية اسم المحتوى الجينى (genome) لهذا الفرد، ولقد تمكن الباحثون فى عام ١٩٧٧ من التوصل إلى طرق يمكن بها تحديد تتابعات النيوكليوتيدات فى جزيئات DNAوRNA مما وفر الأدوات للوصف الدقيق لترتيب الجينات داخل جزيئات DNA فى الخلية .

ولقد تعرضنا فيما سبق لأجزاء من المحتوى الجينى ، فالعديد من الجينات يحمل التعليمات اللازمة لبناء مركبات بروتينية ، والبعض الآخر يحمل التعليمات اللازمة لتتابع النيوكليوتيدات فى جزىء rRNA الريبوسومى الذى يدخل فى بناء الريبوسومات وفى tRNA الناقل الذى يحمل الأحماض الأمينية أثناء بناء البروتين ، وفى أوليات النواة تمثل الجينات المسئولة عن بناء RNA والبروتينات معظم المحتوى الجينى، أما فى حقيقيات النواة فإن أقل من ٧٠٪ من الجينات يقوم بالوظائف السابقة . أما الباقى فهو غير معلوم الوظيفة ، ولقد تعرف الباحثون على العديد من أجزاء DNA التى لا تمثل شفرة لبناء RNA أو البروتينات وأطلقوا عليها العديد من الأسماء إلا أننا مازلنا فى حاجة إلى معرفة الكثير عن وظائفها .

DNA المتكرر:

توجد معظم جينات المحتوى الجينى فى الخلية بنسخة واحدة عادة ، إلا أن كل خلايا حقيقيات النواة تحمل عادة المئات من نسخ الجينات الخاصة ببناء RNA الريبوسومى والهستونات التى تحتاجها الخلية بكميات كبيرة، ومن المنطقى أن نفرض أن وجود العديد من نسخ هذه الجينات يسرع من إنتاج الخلية للريبوسومات والهستونات .

ولقد أظهرت دراسة تتابعات القواعد النيتروجينية فى DNA أن هناك العديد من التكرارات فى بعض التتابعات ومازال الدور الذى تلعبه هذه التكرارات غير واضح . فلقد وجد فى ذبابة الفاكهة مثلاً أن تتابع النيوكليوتيدات القصير التالى A-G-A-A-G يتكرر حوالى ١٠٠،٠٠٠ مرة فى منتصف أحد الصبغيات ، وهذا التتابع وغيره من التتابعات لا يمثل أى شفرة.

أجزاء أخرى من DNA ليست بها شفرة:

بالإضافة إلى الحبيبات الطرفية الموجودة عند أطراف بعض الصبغيات ، فإن المحتوى الجينى لحقيقيات النواة يحتوى على كمية أخرى كبيرة من DNA لا تمثل شفرة ، فحتى قبل معرفة الطريقة التى يمكن بها دراسة تتابعات النيوكليوتيدات فى DNA لاحظ علماء الوراثة أن كمية DNA فى المحتوى الجينى ليست لها علاقة بمقدار تعقد الكائن الحى ، أو عدد البروتينات التى يكونها ، ومن الواضح أن كمية صغيرة فقط من DNA فى كل من النبات والحيوان هى التى تحمل شفرة بناء البروتينات ، وعلى سبيل المثال وجد أن أكبر محتوى جينى يوجد فى حيوان السلمندر حيث تحتوى خلاياه على كمية من DNA تعادل ٣٠ مرة قدر الكمية الموجودة فى الخلايا البشرية مع أن هذا الحيوان تكون خلاياه بدون شك كمية أقل من البروتين .

وربما كان بعض DNA الذى ليست له شفرة يعمل على أن تحتفظ الصبغيات بتركيبها ، كما اتضح أن بعض مناطق DNA تمثل إشارات إلى الأماكن التى يجب أن يبدأ عندها بناء (m- RNA) وهذه المناطق تعتبر هامة فى بناء البروتين .

الطفرات Mutations

يمكن تعريف الطفرة بأنها تغير مفاجئ فى طبيعة العوامل الوراثية المتحكمة فى صفات معينة، مما قد ينتج عنه تغيير هذه الصفات فى الكائن الحى ، وتعتبر الطفرة حقيقية إذا ظلت متوارثة على مدى الأجيال المختلفة ويجب التمييز بين الطفرة التى تحدث نتيجة لتغير تركيب العامل الوراثى وبين التغيير الذى ينجم عن تأثير البيئة أو عن انعزال الجينات وإعادة اتحادها . وتؤدى أغلب الطفرات إلى ظهور صفات غير مرغوب فيها مثل بعض التشوهات الخلقية فى الإنسان ، وقد تؤدى الطفرة فى النبات إلى العقم مما ينتج عنه

نقص فى محصول النبات .

وما ندر من الطفرات يؤدى إلى تغيرات مرغوب فيها لدرجة أن الإنسان يحاول بالطرق العلمية استحداثها ، ومن أمثلة ذلك طفرة حدثت فى قطيع أغنام كان يمتلكه فلاح أمريكى ، فقد لاحظ ظهور خروف فى قطيعه ذى أرجل قصيرة مقوسة ،واعتبرها الفلاح صفة نافعة حيث إن هذا الخروف لم يستطع تسلق سور الحظيرة وإتلاف النباتات المزروعة ، وقد اعتنى بتربية هذه الطفرة حتى نشأت عنها سلالة كاملة تعرف باسم أنكن Ancon ، ومن أمثلة الطفرات المرغوب فيها تلك التى يستحدثها الإنسان فى نباتات المحاصيل لزيادة إنتاجها .

أنواع الطفرات :

تقسم الطفرات إلى نوعين رئيسيين هما :

١ - الطفرات الجينية :

وتحدث نتيجة لتغير كيميائى فى تركيب الجين ، وعلى وجه التحديد فى ترتيب القواعد النيتروجينية فى جزىء DNA ، مما يؤدى فى النهاية إلى تكوين بروتين مختلف يظهر صفة جديدة ، ويصحب هذا التغيير فى التركيب الكيميائى للجين تحوله غالبا من الصورة السائدة إلى المتنحية ، وقد يحدث العكس فى حالات نادرة .

٢ - الطفرات الصبغية :

وتحدث هذه الطفرات بطريقتين :

(أ) التغير فى عدد الصبغيات : يعنى ذلك نقص أو زيادة صبغى أو أكثر فى الأمشاج بعد الانقسام الميوزى، كما فى حالتى كلينفلتر وتيرنر فى الإنسان ، حيث تحتوى الخلايا على صبغى واحد أو أكثر زائدا عن المجموعة فى الحالة الأولى ، ونقص صبغى فى الحالة الثانية . وقد يتضاعف عدد الصبغيات فى الخلية نتيجة لعدم انفصال الكروماتيدات بعد انقسام السنترومير ، وعدم تكوين الغشاء الفاصل بين الخليتين البنويتين فينتج التضاعف الصبغى (Polyploidy)وهذه الظاهرة قد تحدث فى أى كائن ، لكنها تشيع فى النبات ، فنسبة كبيرة من النباتات المعروفة يتم فيها ذلك التعدد الصبغى (٣ن،٤ن، ٦ن، ٨ن حتى ١٦ ن) ، وذلك عندما تتضاعف الصبغيات فى الأمشاج ، وينتج عنها أفراد لها صفات جديدة نظرا لأن كل جين يكون ممثلا بعدد أكبر ، فيكون تأثيرها أكثر وضوحاً فيكون النبات أطول وتكون أعضاؤه بالتالى أكبر حجماً وبخاصة الأزهار والثمار . وتوجد حاليا كثير من المحاصيل والفواكه ذات التعدد الرباعى (٤ ن) ، ومنها القطن والقمح والتفاح والعنب والكمثرى والفراولة وغيرها .

وفى الحيوان تقل هذه الظاهرة، ذلك لأن تحديد الجنس فى الحيوانات يقتضى وجود توازن دقيق بين

عدد كل من الصبغيات الجسمية والجنسية، لذا يقتصر وجودها على بعض الأنواع الخنثى من القواقع والديدان والتى ليست لديها مشكلة فى تحديد الجنس، وفى الإنسان وجد أن التضاعف الثلاثى مميت ويسبب إجهاضا للأجنة، ومع ذلك فبعض خلايا الكبد والبنكرياس يحدث بها تعدد صبغى فى الإنسان.

(ب) التغير فى تركيب الصبغيات: يتغير ترتيب الجينات على نفس الصبغى عندما تنفصل قطعة من الصبغى أثناء الأنقسام، وتلف حول نفسها بمقدار ١٨٠°، ثم يعاد التحامها فى الوضع المقلوب على نفس الصبغى. كما قد يتبادل صبغيان غير متماثلين أجزاء بينهما، أو يزيد أو ينقص جزء صغير من الصبغى.

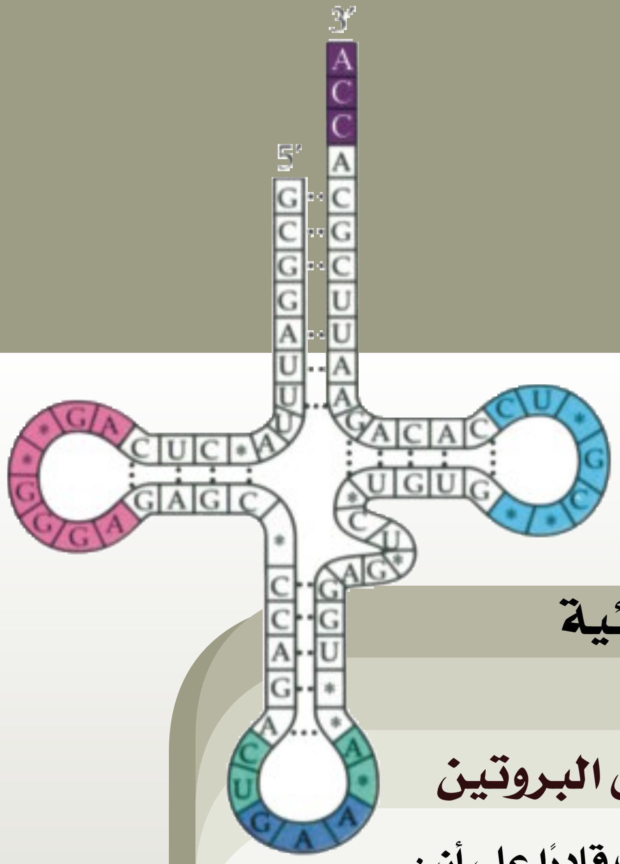
وجميع هذه الطفرات لو حدثت في الخلايا التناسلية فإن الجنين الناتج تظهر عليه الصفات الجديدة، ويعرف هذا النوع بالطفرات المشيجية (gamete mutation)، وهى تتم فى الكائنات الحية التى تتكاثر تزاوجيًا، كما قد تحدث الطفرة فى الخلايا الجسمية، فتظهر أعراض مفاجئة على العضو الذى تحدث فى خلاياه الطفرة، ويعرف هذا النوع بالطفرة الجسمية ومعروف أنه أكثر شيوعًا فى النباتات التى تتكاثر خضريًا، حيث ينشأ فرع جديد من النبات العادى يحمل صفات مختلفة عن النبات الأم، ويمكن فصل هذا الفرع وزرعه وإكثاره خضريًا إذا كانت الصفة الجديدة مرغوبًا فيها.

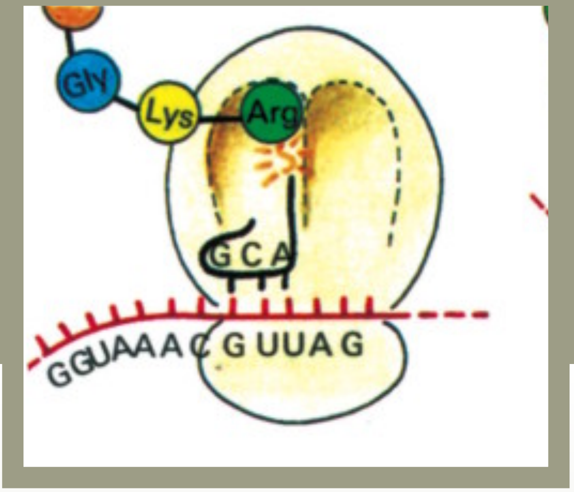
منشأ الطفرة:

الطفرة قد تكون تلقائية أو مستحدثة، وتنشأ الطفرة التلقائية دون تدخل الإنسان، ونسبتها ضئيلة جدًا فى شتى الكائنات الحية، ويرجع سبب حدوث الطفرة التلقائية إلى تأثيرات بيئية تحيط بالكائن الحى، كالأشعة فوق البنفسجية والأشعة الكونية، هذا بالإضافة إلى المركبات الكيميائية المختلفة التى يتعرض لها الكائن الحى. وتلعب الطفرات التلقائية دورًا هامًا فى عملية تطور الأحياء.

أما الطفرات المستحدثة فهى تلك التى يستحدثها الإنسان ليحدث تغييرات مرغوبة فى صفات كائنات معينة، ويستخدم الإنسان فى ذلك العوامل الموجودة فى الطبيعة لهذا الغرض مثل أشعة أكس وأشعة جاما والأشعة فوق البنفسجية، كما قد يستخدم الإنسان بعض المواد الكيميائية كغاز الخردل (mustard gas) مادة الكولشيسين (Colchicine) وحامض النيتروز وغيرها. وتنتج عن هذه المعالجة فى النبات ضمور خلايا القمة النامية وموتها لتتجدد تحتها أنسجة جديدة، تحتوى خلاياها على عدد مضاعف من الصبغيات.

وأغلب الطفرات المستحدثة تحمل صفات غير مرغوبة، غير أن الإنسان ينتقى منها ما هو نافع، ومن أمثلتها تلك التى تؤدى إلى تكوين أشجار فواكه ذات ثمار كبيرة، وطعم حلو المذاق وخالية من البذور، كما أمكن كذلك إنتاج طفرات لكائنات دقيقة كالبنسليوم لها قدرة على إنتاج كميات كبيرة من المضادات الحيوية.





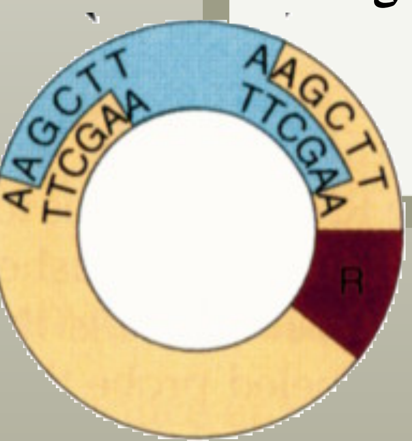
البيولوجية الجزيئية

الفصل الثانى

الأحماض النووية وتخليق البروتين

فى نهاية هذا الفصل ينبغى أن يكون الطالب قادرًا على أن :

- يتعرف أنواع البروتينات .
- يتعرف تركيب الحمض النووى RNA.
- يقارن بين أنواع الحمض النووى RNA الثلاثة (الريبوسومى - الناقل - الرسول).
- يتعرف الشفرة الوراثية .
- يتعرف خطوات تخليق البروتين .
- يتعرف تقنيات التكنولوجيا الجزيئية الحديثة .
- يتعرف مفهوم الجينوم البشرى وأهمية ذلك فى مجال صناعة العقاقير .
- يقدر عظمة الخالق فيما يتعلق بالمعلومات الوراثية ودورها فى تمييز البشر بصفات تختلف من فرد لآخر .



تركيب وتخليق البروتين :

يوجد فى الأنظمة الحية آلاف الأنواع من المركبات البروتينية التى يمكن تقسيمها إلى قسمين رئيسيين هما :

١ - البروتينات التركيبية (Structural Proteins):

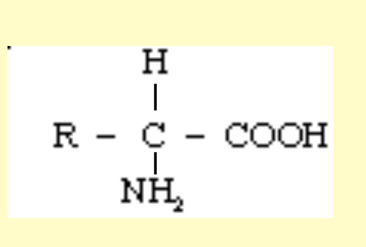
هى البروتينات التى تدخل فى تراكيب محددة فى الكائن الحى مثل الأكتين والميوسين اللذين يدخلان فى تركيب العضلات وغيرها من أعضاء الحركة ، والكولاجين الذى يدخل فى تركيب الأنسجة الضامة ، والكيراتين الذى يكون الأغطية الواقية كالجلد والشعر والحوافر والقرون والريش وغيرها.

٢ - البروتينات التنظيمية (Regulatory Proteins):

هى البروتينات التى تنظم العديد من عمليات وأنشطة الكائن الحى ، وهى تشمل الإنزيمات التى تنشط التفاعلات الكيميائية بالكائنات الحية والأجسام المضادة التى تعطى الجسم مناعة ضد الأجسام الغريبة والهرمونات وغير ذلك من المواد التى تمكن الكائنات الحية من الاستجابة للتغير المستمر فى البيئة الداخلية والخارجية .

وهناك خطة مشتركة لبناء آلاف الأنواع من البروتينات التى توجد فى الأنظمة الحية ، فهناك عشرون نوعًا من الوحدات البنائية للبروتين هى الأحماض الأمينية ، وللأحماض الأمينية العشرين تركيب أساسى واحد حيث يحتوى كل حمض أمينى على مجموعة كربوكسيلية (COOH) ومجموعة أمينية (NH2) يرتبطان بأول ذرة كربون . كما توجد ذرة هيدروجين تعتبر المجموعة الثالثة التى ترتبط بنفس ذرة الكربون ، وفيما عدا الحمض الأمينى جلايسين (Glycine) الذى يحتوى على ذرة هيدروجين أخرى مرتبطة بذرة الكربون الأولى فإن الأحماض الأمينية التسعة عشرة الباقية تحتوى على مجموعة رابعة هى ألكيل (R) تختلف باختلاف الحمض الأمينى .

وترتبط الأحماض الأمينية مع بعضها البعض فى وجود الإنزيمات الخاصة فى تفاعل نازع للماء بروابط ببتيدية (Peptide Bonds) لتكوين بوليمر (Polymer) عديد الببتيد الذى يكون البروتين.



حمض أمينى

وتعزى الفروق بين البروتينات المختلفة إلى الفروق فى أعداد وأنواع وترتيب الأحماض الأمينية فى البوليمرات ، كما تعزى إلى عدد البوليمرات التى تدخل فى بناء البروتين بالإضافة إلى الروابط الهيدروجينية الضعيفة التى قد تعطى للجزىء شكله المميز ، وعملية تخليق البروتين عملية معقدة تتضمن تداخل العديد من الأنواع المختلفة من الجزيئات .

مطابع روز اليوسف

الأحماض النووية الريبوزية (RNA s)

تشبه جزيئات RNA جزىء DNA فى أنها تتكون من سلسلة طويلة غير متفرعة من وحدات بنائية من النيوكليوتيدات ، وتتكون كل نيوكليوتيدة من جزئ من سكر خماسى وقاعدة نيتروجينية ومجموعة من الفوسفات حيث ترتبط مجموعة الفوسفات الخاصة بنيوكليوتيدة معينة بذرة الكربون رقم ٣ فى النيوكليوتيدة السابق ليتكون هيكل سكر فوسفات للحمض النووى . إلا أن كل أنواع RNA تختلف عن DNA فيما يلى:

١ - يدخل فى تكوين RNA سكر الريبوز (ribose) بينما يدخل فى تكوين DNA سكر الديوكسى ريبوز (deoxyribose) الذى يحتوى على ذرة أكسجين أقل من سكر الريبوز ، ومن هنا كان الاسم Deoxyribonucleic acid

٢ - يتكون RNA من شريط مفرد من النيوكليوتيدات ، بينما يتكون DNA من شريط مزدوج أى يتكون من شريطين متكاملين من النيوكليوتيدات ، وإن كان RNA قد يكون مزدوج الشريط فى بعض أجزائه .

٣ - يختلف RNA عن DNA بالنسبة للقواعد النيتروجينية فى نيوكليوتيدات كل منهما ، ففى DNA يوجد الأدينين والجوانين والسيتوزين والثايمين ، بينما يحتوى RNA على الأدينين والجوانين والسيتوزين إلا أن اليوراسيل يوجد بدلا من الثايمين الذى يزدوج مع الأدينين .

وهناك ثلاثة أنواع من حمض RNA تسهم فى بناء البروتين .

وسنتعرض فيما يلى للأدوار التى يلعبها كل منها فى بناء البروتين :

١ - حمض RNA الرسول (mRNA):

تبدأ عملية نسخ DNA بارتباط إنزيم بلمرة RNA (RNA-Polymerase) بتتابع للنيوكليوتيدات على DNA يسمى المحفز (Promoter) ، بعد ذلك ينفصل شريطا DNA بعضهما عن بعض حيث يعمل احدهما كقالب لتكوين شريط متكامل من RNA، ويتحرك الإنزيم على امتداد DNA حيث يتم ربط الريبونيوكليوتيدات المتكاملة إلى شريط RNA النامى واحد تلو الآخر ، ويعمل الإنزيم فى اتجاه ´5 ´3 على قالب DNA مجمعاً RNA فى اتجاه ´3 ´5 وتشبه هذه العملية تضاعف DNA مع فرق رئيسى واحد هو أنه عندما يتم تضاعف DNA فإن العملية لا تقف إلا بعد نسخ كل DNA فى الخلية ، أما فى حالة RNA فإنه يتم نسخ جزء فقط من DNA وحيث إن جزئ DNA مزدوج الشريط فمن الناحية النظرية يمكن لأى جزء منه أن ينسخ إلى جزءين مختلفين من RNA يتكامل كل منهما مع أحد الشريطين ، إلا أن ما حدث فى الواقع هو أن شريطاً واحداً فقط من DNA هو الذى يتم نسخ قطعة منه ، ويدل توجيه المحفز

على الشريط الذى سينسخ ، ويوجد فى أوليات النواة إنزيم واحد من RNA-polymerase هو الذى يقوم بنسخ الأحماض النووية الريبوزية الثلاثة، أما فى حقيقات النواة فهناك إنزيم خاص بكل منها .وما أن يتم بناء mRNA فى أوليات النواة حتى يصبح على استعداد لعملية الترجمة ، حيث ترتبط الريبوسومات ببداية mRNA وتبدأ فى ترجمته إلى بروتين بينما يكون الطرف الأخر للجزىء مازال فى مرحلة البناء على قالب DNA ، أما فى حقيقيات النواة فإنه يتعين بناء mRNA كاملاً فى النواة ثم انتقاله إلى السيتوبلازم من خلال ثقوب الغشاء النووى ليتم ترجمته إلى البروتين المقابل وعند بداية كل جزئ من mRNA يوجد موقع الارتباط بالريبوسوم وهو تتابع للنيوكليوتيدات يرتبط بالريبوسوم بحيث يصبح أول كودون AUG متجها إلى أعلى وهو الوضع الصحيح للترجمة وآخر كودون يسمى كودون الوقف ويكون واحد من ثلاثة كودونات هى UGA - UAG - UAA (شكل١).

أما عند الطرف الآخر mRNA فيوجد نهاية من عديد الأدينين (ذيل مكون من حوالى ٢٠٠ أدينوزين) ويظهر أن هذا الذيل يحمى mRNA من الانحلال بواسطة الإنزيمات الموجودة فى السيتوبلازم .

شكل (١) رسم تخطيطى لجزىء mRNA يظهر به موقع الارتباط بالريبوسوم وذيل عديد الأدينين وكودون البدء

٢- حمض RNA الريبوسومى (rRNA) :

يدخل فى بناء الريبوسومات (عضيات بناء البروتين) عدة أنواع من RNA الريبوسومى وحوالى ٧٠ نوعًا من عديد الببتيد ، ويتم بناء الريبوسومات فى حقيقيات النواة فى منطقة من النواة تسمى النوية يتم بها بناء الآلاف من الريبوسومات فى الساعة ، ومما يجعل هذا المعدل السريع ممكنا هو أن DNA فى خلايا حقيقيات النواة يحتوى على ما يزيد على ٦٠٠ نسخة من جينات RNA الريبوسومى التى ينسخ منها rRNA ، وهناك أربعة أنواع مختلفة من rRNA تدخل مع البروتين فى بناء الريبوسومات .

ويتكون الريبوسوم الوظيفى من تحت وحدتين (Subunits)، إحداهما كبيرة والأخرى أصغر، وعندما لا يكون الريبوسوم قائمًا بعمله فى إنتاج البروتين فإن تحت الوحدتين تنفصلان عن بعضهما وتتحرك كل منهما بحرية ، وقد يرتبط كل منهما مع تحت وحدة أخرى من النوع المقابل عندما تبدأ عملية بناء البروتين مرة أخرى، ويتم بناء بروتينات الريبوسومات فى السيتوبلازم ، ثم تنتقل عبر غشاء النواة إلى داخل النواة حيث يكون كل من rRNA وعديدات الببتيد تحت وحدات الريبوسوم ، وأثناء عملية بناء البروتين يحدث تداخل بين mRNA و rRNA .

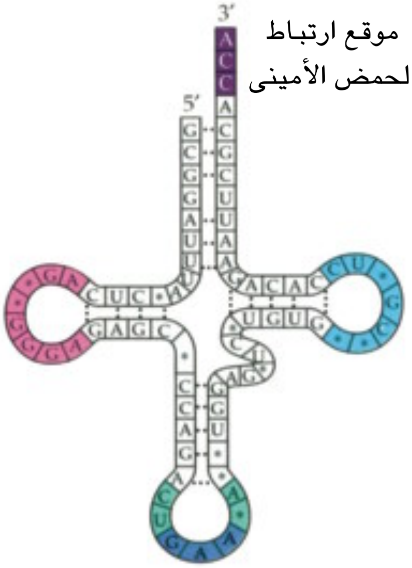
٣- حمض RNA الناقل (tRNA) :

والنوع الثالث من RNA الذى يشارك فى بناء البروتين هو tRNA الذى يحمل الأحماض الأمينية إلى الريبوسومات ، ولكل حمض أمينى نوع خاص من tRNA يتعرف الحمض الأمينى وينقله (الأحماض الأمينية التى لها أكثر من شفرة يكون لها أكثر من نوع من tRNA)، وينسخ tRNA من جينات tRNA التى توجد عادة على شكل تجمعات من ٧ - ٨ جينات على نفس الجزء من جزىء DNA

ولكل جزيئات tRNA نفس الشكل العام (شكل ٢)، حيث تلتف أجزاء من الجزىء لتكون حلقات تحتفظ بشكلها بإزدواج القواعد فى مناطق مختلفة من الجزىء .

- يوجد موقعان على جزىء tRNA لهما دور فى بناء البروتين، الموقع الأول هو الذى يتحد فيه الجزىء بالحمض الأمينى الخاص به، ويتكون هذا الموقع من ثلاث قواعد CCA عند الطرف ´3 من الجزىء.

والموقع الآخر هو مقابل الكودون الذى تتزاوج قواعده مع كودونات mRNA المناسبة عند مركب mRNA والريبوسوم حيث يحدث ارتباط مؤقت بين tRNA و mRNA يسمح للحمض الأمينى المحمول على tRNA أن يدخل فى سلسلة عديد الببتيد فى المكان المحدد .



شكل (٢) الشكل العام لجزىء حمض RNA الناقل

الشفرة الوراثية The Genetic code

الشفرة الوراثية هى تتابع النيوكليوتيدات فى ثلاثيات على mRNA والتى تم نسخها من أحد شريطى DNA وينتقل mRNA إلى الريبوسوم حيث يترجم إلى تتابع للأحماض الأمينية فى سلسلة عديد الببتيد الذى يكون بروتينًا معينًا . والسؤال الآن : ماهو عدد النيوكليوتيدات المسئولة عن اختيار جزيئات tRNA الخاصة بكل حمض أمينى ؟

من المعروف أن هناك عشرين حمضاً أمينيا مختلفاً تدخل فى بناء البروتينات وأن هناك أربع نيوكليوتيدات فقط تدخل فى بناء كل من DNA و RNA وعلى ذلك ، " فاللغة " الوراثية تحتوى على أربع " حروف أبجدية " ، وهذه الحروف الأربعة من النيوكليوتيدات يجب أن تشكل عشرين كلمة " تدل كل منها على حمض أمينى معين ، ولا يمكن أن تتكون كل كلمة من حرف واحد لأن ذلك يعنى وجود أربع كلمات فقط على

صورة شفرة هى A,G,C,U والبروتينات بذلك تحتوى على أربعة أحماض أمينية فقط وبالمثل فإن الكلمات لا يمكن أن تتكون من جزءين اثنين فقط (نيوكليوتيدتين) وذلك لأن الحروف الأربعة إذا رتبت فى كل الاحتمالات الممكنة لاثنين معا تعطى $٤^{٢}$ = ١٦ كلمة شفرة Codon مختلفة ، مازال غير كاف للعشرين حمضاً أمينيًا التى تدخل فى بناء البروتين ، أما إذا رتبت الأربعة حروف (نيوكليوتيدات) على شكل ثلاثيات فإنها ستنتج $٤^{٣}$ = ٦٤ كلمة شفرة وهذا أكثر من الحاجة لتكوين كلمة شفرة لكل حمض أمينى ، وعلى ذلك فأصغر حجم نظرى لكلمة شفرة DNA هو ثلاث نيوكليوتيدات .

وما إن حل عام ١٩٦٠ حتى توفرت أدلة كافية تؤيد الشفرة الثلاثية ، إلا أن الوصول إلى الشفرات الخاصة بكل حمض أمينى والتى يطلق عليها اسم كودونات قد تم الوصول إليه فى عام ١٩٦٥ ، وبعض هذه الكودونات موجودة فى جدول (رقم ١) مع ملاحظة أن الكودونات فى هذا الجدول هى التى توجد فى mRNA ، أما ثلاثيات شفرة DNA فهى النيوكليوتيدات التى تتكامل قواعدها مع تلك الموجودة فى الجدول ، كما يتضح من الجدول أن هناك أكثر من شفرة لكل حمض أمينى ، كما أن هناك كودونا لبدء تخليق البروتين (AUG) وثلاثة كودونات (UGA,UAA,UAG) توقف بناء البروتين أى أنها تعطى إشارة عن النقطة التى يجب أن تقف عندها ألية بناء البروتين وتنتهى سلسلة عديد الببتيد .

والشفرة الوراثية عالمية أو عامة (Universal) بمعنى أن نفس الكودونات تمثل شفرات لنفس الأحماض الأمينية فى كل الكائنات الحية من الفيروسات إلى البكتيريا والفطريات والنباتات والحيوانات التى تمت دراستها حتى الآن . وهذا دليل قوى على أن كل الكائنات الحية الموجودة الآن على وجه الأرض قد نشأت عن أسلاف مشتركة ، وعلى ذلك يظهر أن الشفرة قد تكونت بعد فترة قصيرة من بدء الحياة واستمرت بدون تغير تقريبًا لملايين السنين منذ ذلك الوقت .

القاعدة الأولى	القاعدة الثانية				القاعدة الثالثة
	U	C	A	G	
U	UUU Phenylalanine	UCU Serine	UAU Tyrosine	UGU Cysteine	U
	UUC Phenylalanine	UCC Serine	UAC Tyrosine	UGC Cysteine	C
	UUA Leucine	UCA Serine	UAA STOP	UGA STOP	A
	UUG Leucine	UCG Serine	UAG STOP	UGG Tryptophan	G
C	CUU Leucine	CCU Proline	CAU Histidine	CGU Arginine	U
	CUC Leucine	CCC Proline	CAC Histidine	CGC Arginine	C
	CUA Leucine	CCA Proline	CAA Glutamine	CGA Arginine	A
	CUG Leucine	CCG Proline	CAG Glutamine	CGG Arginine	G
A	AUU Isoleucine	ACU Threonine	AAU Asparagine	AGU Serine	U
	AUC Isoleucine	ACC Threonine	AAC Asparagine	AGC Serine	C
	AUA Isoleucine	ACA Threonine	AAA Lysine	AGA Arginine	A
	AUG(START) Methionine	ACG Threonine	AAG Lysine	AGG Arginine	G
G	GUU Valine	GCU Alanine	GAU Asparagine	GGU Glycine	U
	GUC Valine	GCC Alanine	GAC Asparagine	GGC Glycine	C
	GUA Valine	GCA Alanine	GAA Glutamic acid	GGA Glycine	A
	GUG Valine	GCG Alanine	GAG Glutamic acid	GGG Glycine	G

جدول الشفرات (جدول رقم ١) للإطلاع فقط

تخليق البروتين Protein Synthesis

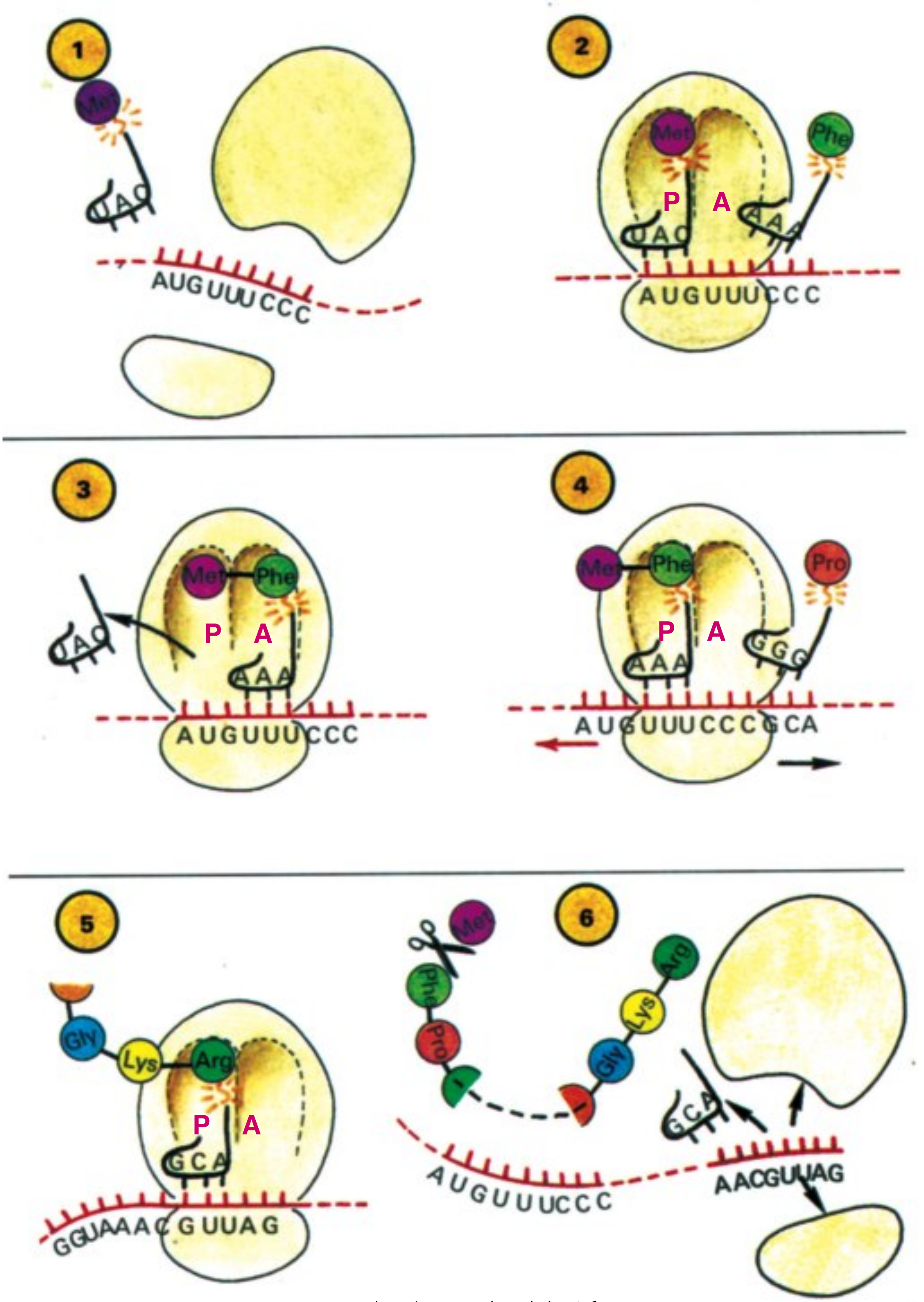
يبدأ تخليق البروتين عندما ترتبط تحت وحدة ريبوسوم صغيرة (Sub unit) بجزىء mRNA الذى أول كودون به هو AUG ويكون متجهًا إلى أعلى، ثم تتزاوج قواعد مضاد الكودون لجزىء tRNA الخاص بالميثيونين مع كودون AUG وبذلك يصبح الحمض الأمينى ميثيونين (Methionine) أول حمض أمينى فى سلسلة عديد البيتيد التى ستبنى ، ثم ترتبط تحت وحدة ريبوسوم كبيرة بالمركب السابق ، وعندئذ تبدأ تفاعلات بناء البروتين (شكل ٣) ويوجد على الريبوسوم موقعان يمكن أن ترتبط بهما جزيئات tRNA ونتيجة للأحداث السابقة فإن كودون البدء AUG يكون عند أحد هذين الموقعين الذى يطلق عليه موقع الببتيديل (P) أما الموقع الآخر فيطلق عليه موقع أمينو أسيل (A) (amino-AcylA)، وتبدأ سلسلة عديد الببتيد فى الاستطالة فى دورة تتكون من ثلاث خطوات :

١ - يرتبط مضاد كودون tRNA أخر بالكودون التالى على جزئ mRNA ، وبالتالى يصبح الحمض الأمينى الذى يحمله هذا الجزىء tRNA الحمض الأمينى التالى فى سلسلة عديد الببتيد.

٢ - حدوث تفاعل نقل الببتيديل (Peptidyl transferase reaction) الذى ينتج عنه تكوين رابطة ببتيدية ، والإنزيم الذى ينشط هذا التفاعل عبارة عن جزء من تحت وحدة الريبوسوم الكبيرة، وهذا الإنزيم يربط الحمض الأمينى الأول بالثانى برابطة ببتيدية، ونتيجة لذلك يصبح tRNA الأول فارغًا ويترك الريبوسوم وقد يلتقط ميثيونينا آخر، أما tRNA الثانى فيحمل الحمضين الأمينين معًا.

٣ - يتحرك الريبوسوم على امتداد mRNA ، وهذه العملية تأتى بالكودون التالى إلى الموقع P على الريبوسوم ، ثم تبدأ الدورة مرة أخرى حيث يرتبط مضاد كودون على tRNA مناسب بكودون mRNA جالبًا الحمض الأمينى الثالث إلى الموضع المناسب على الموقع A ، وترتبط سلسلة عديد الببتيد النامية بالحمض الأمينى الجديد القادم على هذا الجزىء من tRNA الثالث ، ثم يتكرر التتابع .

وتقف عملية بناء البروتين عندما يصل الريبوسوم إلى كودون وقف على mRNA وهناك بروتين يسمى عامل الإطلاق (Release Factor) يرتبط بكودون الوقف مما يجعل الريبوسوم يترك mRNA ، وتنفصل وحدتا الريبوسوم عن بعضهما البعض ، وما أن يبرز الطرف (´5) لجزئ mRNA من الريبوسوم حتى يرتبط تحت وحدة ريبوسوم صغيرة أخرى تبدأ بدورها بناء بروتين ، وعادة ما يتصل بجزىء mRNA عدد من الريبوسومات قد يصل إلى المائة يترجم كل منها الرسالة بمروره على mRNA ، ويطلق عليه عندئذ عديد الريبوسوم (Polyribosome or polysome)



شكل (٣) خطوات تخليق البروتين

التكنولوجيا الجزيئية
Molecular Technology

بعد التقدم فى معرفة تركيب الجين وكيفية تخليق البروتين ، أصبح من الممكن الآن عزل جين مرغوب فيه وتكوين ملايين النسخ منه فى داخل خلية بكتيرية أو خلية خميرية ، كما يمكننا أن نحلل هذه النسخ لمعرفة تتابع النيوكليوتيدات فى هذا الجين ، كما يمكننا إجراء مقارنة بين تركيب جينات نفس الفرد أو جينات أفراد مختلفة ، ومعرفتنا عن تتابع النيوكليوتيدات فى الجين تمكننا من معرفة تتابع الأحماض الأمينية فى البروتين المقابل ، ولقد أمكن فى حالات كثيرة نقل جينات وظيفية إلى خلايا نباتية وأخرى حيوانية .

ولقد أصبح الآن من الممكن بناء جزيئات DNA حسب الطلب، ففى عام ١٩٧٩ تمكن خورانا (Khorana) من إنتاج جين صناعى وأدخله إلى داخل خلية بكتيرية ، ويوجد الآن فى العديد من المعامل نظم جينية يمكن برمجتها لإنتاج شريط قصير من DNA يحتوى على تتابع النيوكليوتيدات الذى نرغب فيه ، ويمكن استخدام DNA المبنى حسب الطلب فى تجارب تخليق البروتين ، فعن طريق تغيير الشفرة لاستبدال حمض أمينى بآخر يستطيع علماء الكيمياء الحيوية دراسة تأثير الأحماض الأمينية على وظيفة البروتين.

والإنجازات السابقة هى نتاج التكنولوجيا الجزيئية والتى تعرف بالهندسة الوراثية (Genetic Engneering) وسنتناولها فيما يلى :

تقنيات التكنولوجيا الجزيئية :

تهجين الحمض النووى :

- عند رفع درجة حرارة جزىء DNA إلى ١٠٠°م تنكسر الروابط الهيدروجينية التى تربط القواعد المتزاوجة فى شريطى اللولب المزدوج ، ويتكون شريطان مفردان غير ثابتين .

- وعند خفض درجة حرارة DNA فإن الأشرطة المفردة تميل إلى الوصول إلى حالة الثبات عن طريق تزاوج كل شريط مع شريط آخر لتكوين لولب مزدوج مرة أخرى ، وأى شريطين مفردين من DNA أو RNA يمكنهما تكوين شريط مزدوج إذا وجد بهما تتابعات ولو قصيرة من القواعد المتكاملة .

- تتوقف شدة التصاق الشريطين على درجة التكامل بين تتابعات قواعدهما النيتروجينية ، ويمكن قياس شدة الالتصاق بين شريطى النيوكليوتيدات بمقدار الحرارة اللازمة لفصل الشريطين مرة أخرى ، فكلما كانت شدة التصاق الشريطين كبيرة زاد مقدار الحرارة اللازمة لفصلهما .

مطابع روز اليوسف

ويمكن استخدام قدرة الشريط المفرد لـ DNA أو RNA على الالتصاق طويلا فى إنتاج لولب مزدوج هجين (أو خليط)، وذلك بمزج الأحماض النووية من مصدرين مختلفين (نوعين مختلفين من الكائنات الحية مثلاً) ثم رفع درجة الحرارة إلى ١٠٠ م٥ ، فعندما يسمح للخليط أن يبرد فإن بعض اللوالب المزدوجة الأصلية تتكون ، وسيتكون فى نفس الوقت عدد من اللوالب المزدوجة الهجين يتكون كل منهما من شريط من كلا المصدرين .

استخدامات DNA المهجن :

١- يستخدم تهجين DNA فى الكشف عن وجود جين معين داخل محتواه الجينى وكميته حيث يحضر شريط مفرد لتتابعات النيوكليوتيدات يتكامل مع أحد أشرطة الجين محل الدراسة ، وتستخدم النظائر المشعة فى تحضير هذا الشريط حتى يسهل التعرف عليه بعد ذلك ، ثم يخلط هذا الشريط مع العينة غير المعروفة ويستدل على وجود الجين فى الخليط بالسرعة التى تتكون بها اللوالب المزدوجة المشعة .

٢- يستخدم تهجين DNA فى تحديد العلاقات التطورية بين الأنواع المختلفة ، فكلما كانت العلاقات التطورية أقرب بين نوعين كلما تشابه تتابع نيوكليوتيدات DNA بهما وزادت درجة التهجين بينهما .

إنزيمات القطع أو القصر البكتيرية

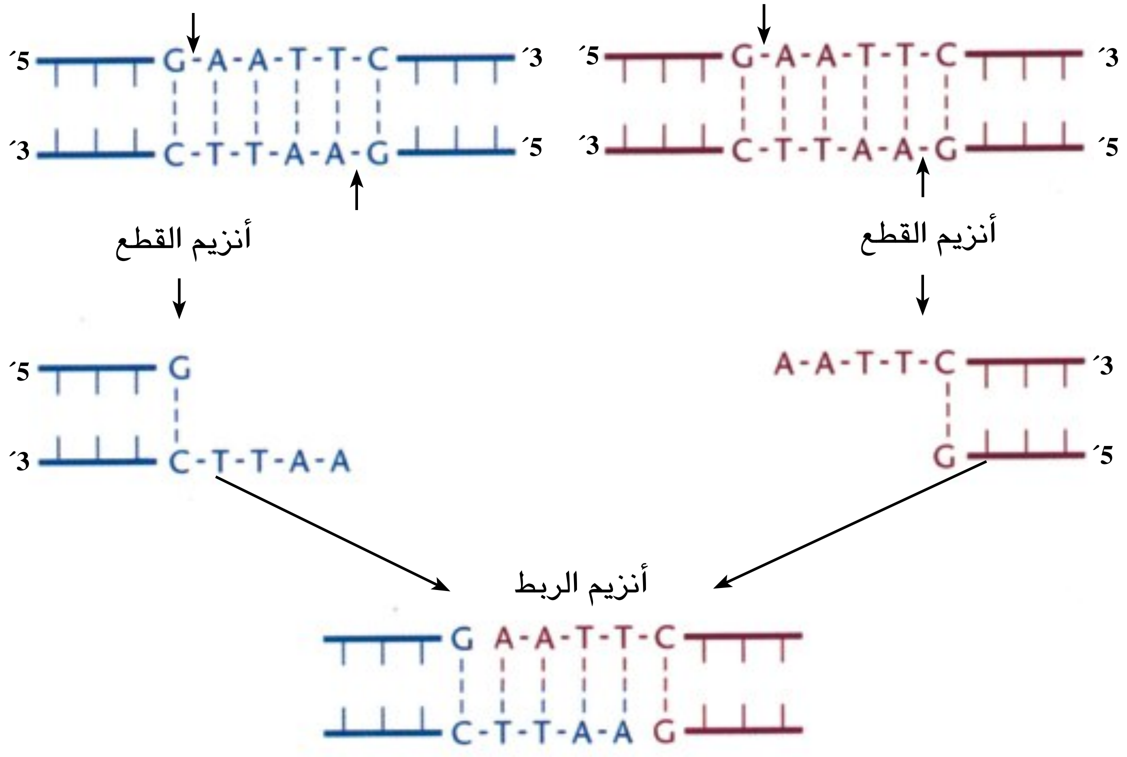
كان من المعروف أن الفيروسات التى تنمو فى داخل سلالات معينة من بكتيريا (E.coli) يقتصر نموها على هذه السلالات فقط ولا تستطيع أن تنمو داخل سلالات أخرى ، وفى السبعينيات أرجع الباحثون ذلك إلى أن هذه السلالات المقاومة من البكتيريا تكون إنزيمات تتعرف على مواقع معينة على جزئ DNA الفيروسى الغريب وتهضمه إلى قطع عديمة القيمة وقد أطلق على هذه الإنزيمات اسم إنزيمات القصر .

والسؤال الآن : لماذا لا تهاجم هذه الإنزيمات DNA الخاص بالخلية البكتيرية ؟

لقد وجد أن البكتيريا لكى تحافظ على DNA الخاص بها فإنها تكون إنزيمات معدلة . حيث تضاف مجموعة ميثيل CH3 إلى النيوكليوتيدات فى مواقع جزىء DNA البكتيرى التى تتماثل مع مواقع تعرف الفيروس مما يجعل DNA البكتيرى مقاومًا لفعل هذا الإنزيم .

ولقد اتضح أن انزيمات القصر منتشرة فى الكائنات الدقيقة ، كما تم فصل مايزيد على ٢٥٠ إنزيمًا من سلالات بكتيرية مختلفة، وكل إنزيم من هذه الإنزيمات يتعرف على تتابع معين للنيوكليوتيدات مكون من ٤ - ٧ نيوكليوتيدات ، ويقص الإنزيم جزىء DNA عند أو بالقرب من موقع التعرف (شكل ٤) ، وتتابع القواعد النيتروجينية على شريط DNA عند موقع القطع

يكون هو نفسه عندما يقرأ التتابع على كل شريط فى اتجاه (´3) ولكل إنزيم قصر القدرة على قطع جزئ



(شكل ٤) دور انزيمات القصر والربط فى قطع وربط قطعتين مختلفتين من DNA عند مواقع محددة

DNA بغض النظر عن مصدره DNA فيروسى أو بكتيرى أو نباتى أو حيوانى ما دام هذا الجزء يحتوى على نسخة أو أكثر من تتابعات التعرف .

وتوفر إنزيمات القصر وسيلة لقص DNA إلى قطع معلومة النيوكليوتيدات عند أطرافها، كما أن العديد منها يكون أطرافا مائلة حيث تكون قطع اللولب المزدوج ذات طرفين مفردى الشريط يطلق عليها '' الأطراف اللاصقة '' لأن قواعدها تتزاوج مع طرف قطعة أخرى لشريط آخر نتج عن استخدام نفس الإنزيم على أى DNA آخر ، (شكل ٤) ويمكن بعد ذلك ربط الطرفين إلى شريط واحد بواسطة إنزيم الربط . وبهذه الطريقة يستطيع الباحث لصق قطعة معينة من جزىء DNA بقطعة أخرى من جزئ آخر.

مطابع روز اليوسف

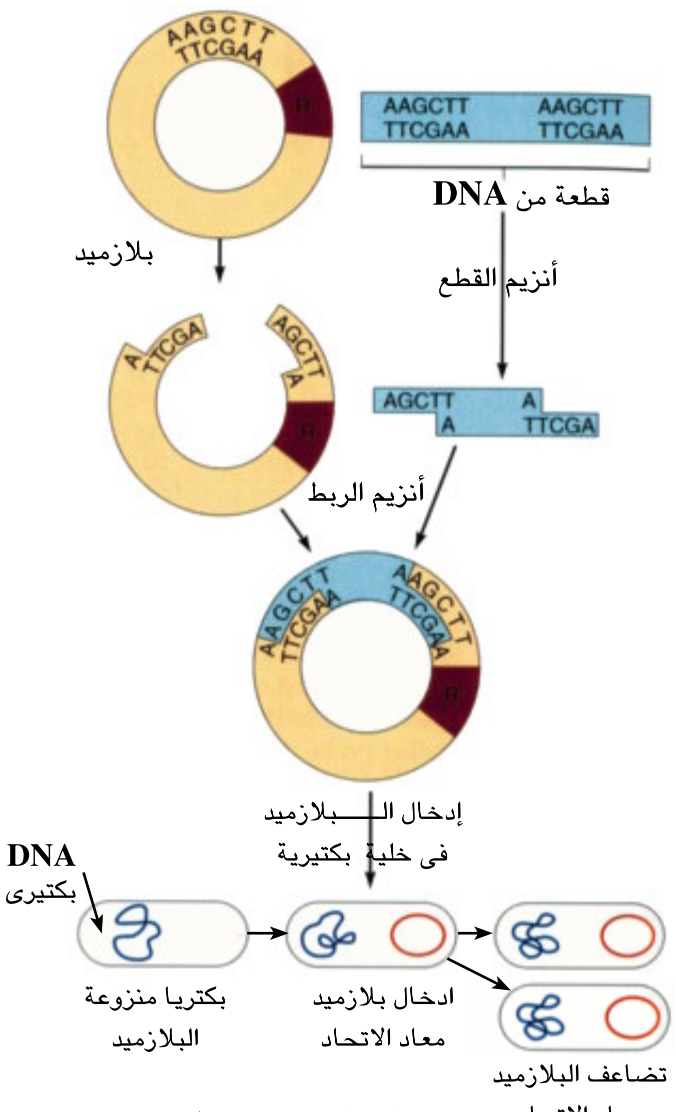
استنساخ تتابعات DNA

يقوم علماء البيولوجى بإنتاج العديد من نسخ جين ما أو قطعة من DNA (شكل ٥) وذلك بلصقها بجزىء ما، يحملها إلى خلية بكتيرية ، وعادة ما يكون هذا الحامل فاج أو بلازميد.

ولكى يلصق الجين الغريب أو قطعة DNA بالبلازميد يعامل كل من الجين والبلازميد بنفس إنزيم القصر لتكوين نهايات مفردة الشريط متكاملة القواعد لاصقة ، وعندما يتم خلط الاثنين فإن بعض النهايات اللاصقة للبلازميد تتزاوج قواعدها مع النهايات اللاصقة للجين ، ثم يتم ربط الاثنين باستخدام إنزيم الربط .

بعد ذلك يضاف البلازميد إلى مزرعة من البكتيريا ، أو خلايا الخميرة التى سبق معاملتها لزيادة نفاذيتها لـ DNA حيث تدخل بعض البلازميدات إلى داخل الخلايا ، وكلما نمت هذه الخلايا وانقسمت تتضاعف البلازميدات مع تضاعف المحتوى الجينى للخلية ، بعد ذلك يتم تكسير الخلايا وتحرير البلازميدات . ويتم إطلاق الجين من البلازميدات باستخدام نفس إنزيم القصر الذى سبق استخدامه ، ثم يتم عزل الجينات بالطرد المركزى المفرق ، وبذلك يصبح لدى الباحث كمية كافية من الجين أو قطع DNA المتماثلة يستطيع أن يحللها لمعرفة تتابع النيوكليوتيدات بها أو يمكن زراعتها فى خلية أخرى .

وهناك طريقتان للحصول على قطع DNA لمضاعفتها : فإما أن يتم الحصول على المحتوى الجينى للخلية (فصل كمية DNA التى بها) ثم يتم قص



شكل (٥) إستنساخ DNA

DNA بواسطة إنزيمات القصر، وبهذه الطريقة يتم الحصول من المحتوى الجينى لأحد الثدييات مثلا - على ملايين من قطع DNA يتم لصق هذه القطع ببلازميدات أو فاج لمضاعفتها . ويتم استخدام تقنيات انتقائية مختلفة لعزل تتابع DNA المرغوب فى التعامل معه .

أما الطريقة الأخرى - وهى الأفضل - فتبدأ بالخلايا التى يكون فيها الجين الذى نود التعامل معه نشطًا مثل خلايا البنكرياس التى تكون الأنسولين والخلايا المولدة لكرات الدم الحمراء التى تكون الهيموجلوبين ، ففى هذه الخلايا توجد كمية كبيرة منmRNA الذى يحمل الرسالة اللازمة لبناء هذه البروتينات ، ويقوم الباحث بعزل هذا الحمض النووى واستخدامه كقالب لبناء DNA الذى يتكامل معه ، ويشبه ذلك تضاعف DNA إلى حد كبير ، ويطلق على الإنزيم الذى يقوم ببناء DNA على قالب من mRNA اسم إنزيم النسخ العكسى، وهذا الإنزيم توجد شفرته فى الفيروسات التى محتواها الجينى يتكون من mRNA، حيث تستخدمه فى تحويل محتواها من RNA إلى DNA الذى يرتبط بالمحتوى الجينى من DNA فى خلية العائل . وما أن ينتهى هذا الإنزيم من بناء شريط مفرد من DNA ، فإنه يمكن بناء الشريط المتكامل معه باستخدام إنزيم البلمرة ويمكن بعد ذلك مضاعفة هذا اللولب المزدوج من DNA

ويستخدم حالياً لمضاعفة قطع DNA جهاز (PCR) (Polymerase Chain Reaction)الذى يستخدم انزيم تاك بوليميريز (taq polymerase) الذى يعمل عند درجة حرارة مرتفعة، ويستطيع هذا الجهاز خلال دقائق معدودة من مضاعفة قطع DNA آلاف المرات .

DNA معاد الاتحاد

لقد شهدت السنوات الأخيرة فيضاً من الإنجازات فى تكنولوجيا DNA معاد الاتحاد ، أى إدخال جزء من DNA الخاص بكائن حى إلى خلايا كائن حى آخر ، ويتخيل بعض العلماء أنه قد يأتى الوقت الذى يمكن فيه إدخال نسخ من جينات طبيعية إلى بعض الأفراد المصابة بعض جيناتهم بالعطب، وبذلك نزيل عنهم المعاناه ونعفيهم من الاستخدام المستمر للعقاقير لعلاج النقص الوراثى (من الواضح أن هذه قد تكون تكنولوجيا خطرة جداً لو استخدمت لتحقيق أغراض أخرى، وهناك العديد ممن يعارضون بشدة استمرار البحث فى هذا المجال)

مطابع روز اليوسف

التطبيقات العملية لتكنولوجيا DNA معاد الاتحاد

(أ) - إنتاج بروتينات مفيدة على نطاق تجارى . ففى عام ١٩٨٢ رخصت الولايات المتحدة الأمريكية استخدام أول بروتين يتم إنتاجه بتكنولوجيا DNA معاد الاتحاد وهو هرمون الأنسولين البشرى الذى يحتاجه يومياً ملايين البشر المصابين بمرض السكر، وكان يتم استخلاص الأنسولين قبل ذلك من بنكرياس المواشى والخنازير وهذه العملية طويلة ومرتفعة التكلفة . ومع أن الأنسولين البشرى الذى تنتجه البكتيريا مازال مرتفع التكلفة إلا انه أفضل لبعض المرضى الذين لا يتحملون الفروق الطفيفة بين الأنسولين البشرى وأنسولين الأنواع الأخرى، ومع تحسن طرق الإنتاج فإن الأنسولين البكتيرى قد يصير أقل تكلفة.

(ب) - توصل الباحثون كذلك إلى تكوين بكتيريا تحتوى على جينات الإنترفيرونات (Interferones) البشرية ، وهى بروتينات توقف تضاعف الفيروسات (على الأخص التى يتكون محتواها الجينى من RNA مثل فيروس الانفلونزا وشلل الأطفال) وفى داخل جسم الإنسان تبنى الإنترفيرونات وتنطلق من الخلايا المصابة بالفيروس وتعمل على وقاية الخلايا المجاورة من مهاجمة الفيروس.

ويظهر أن الإنترفيرونات قد تكون مفيدة فى علاج بعض الأمراض الفيروسية (كبعض أنواع السرطان) وكان الإنترفيرون المستخدم فى الطب حتى عام ١٩٧٠ يستخلص بصعوبة من الخلايا البشرية، ولذلك كان نادر الوجود ومرتفع الثمن، ولقد تمكن الباحثون فى مصانع الأدوية فى الثمانينات من إدخال ١٥ جيناً بشرياً للإنترفيرون إلى داخل خلايا بكتيرية وبذلك أصبح الإنترفيرون الأن وفيراً ورخيص الثمن نسبياً ، إلا أن الدراسات المبدئية لاستخدام الإنترفيرون فى علاج السرطان كانت مخيبة للأمال وذلك قد يعزى إلى مشاكل تقنية ، قد يمكن التغلب عليها فيما بعد.

(جـ) قد يتمكن الباحثون الزراعيون فى القريب العاجل من إدخال جينات مقاومة للمبيدات العشبية ومقاومة لبعض الأمراض الهامة فى نباتات المحاصيل، كما أن هناك جهوداً كبيرة تبذل الأن فى محاولة عزل ونقل الجينات الموجودة فى النباتات البقولية والتى تمكنها من استضافة البكتيريا القادرة على تثبيت النيتروجين الجوى فى جذورها . وإذا أمكن زرع تلك الجينات فى نباتات محاصيل اخرى لاتستطيع استيعاب هذه البكتيريا لأمكن الاستغناء عن إضافة الأسمدة النيتروجينية عالية التكلفة والتى تسهم بقدر كبير فى تلويث الماء فى المناطق الزراعية.

(د) مازال الكثير من استخدامات الهندسة الوراثية مجرد أحلام إلا أن الأحلام سرعان ما تتحقق فلقد تمكن بعض الباحثين من زرع جين من سلالة من ذبابة الفاكهه فى جنين سلالة أخرى وقد تم زرع الجين فى

خلايا مقرر لها أن تكون أعضاء تكاثرية ، وعندما نمت الأجنة إلى أفراد انتقل إليها الجين الذى أضفى على الأجيال الناتجة عن تزاوج هذه الأفراد صفه لون الياقوت الاحمر للعين بدلاً من اللون البنى كما قام فريق آخر من الباحثين بإدخال جين هرمون نمو من فأر من النوع الكبير أو من الإنسان الى فئران من النوع الصغير حيث نمت هذه إلى ضعف حجمها الطبيعى بالإضافة إلى أن هذه الصفة انتقلت إلى نتائجها من الفئران

وعلى الجانب الآخر فإن هناك العديد ممن يعتريهم القلق مما قد يحدث فى حالة حدوث حادث مفاجئ فلو فرضنا أن هناك سلالة بكتيرية بها جين لإنتاج مادة سامة خطرة قد تم إطلاقها فى العالم فماذا سيحدث ؟ يرى بعض الناس ان احتمال حدوث ذلك ضئيل جداً . ومع أن البكتيريا المستخدمة فى تجارب DNA معاد الاتحاد هى E-coli التى تعيش فى أمعاء الإنسان. إلا أن السلالة المستخدمة فى التجارب لم تعش فى داخل جسم الإنسان لعدة آلاف من الأجيال، وقد تغيرت هذه البكتيريا بحيث أصبحت غير قادرة على الحياة إلا فى منازلها من أنابيب الاختبار.

الجينوم البشرى

فى الخمسينيات من القرن الماضى ، كان أفضل اكتشاف بيولوجى هو إثبات واطسون وكريك عام ١٩٥٣ أن الجينات عبارة عن لولب مزدوج من الحمض النووى DNA ، بعدها بدأ العلماء فى البحث عن الجينات وتوالت الاكتشافات ، وظهرت فكرة الجينوم ففى عام ١٩٨٠ كان عدد الجينات البشرية التى تعرف عليها العلماء حوالى ٤٥٠ جينا ،وفى منتصف الثمانينات تضاعف العدد ثلاث مرات ليصل إلى ١٥٠٠ جينا بعض هذه الجينات كانت المسببة لزيادة الكوليسترول فى الدم (أحد أسباب مرض القلب) وبعضها يمهد للإصابة بالأمراض السرطانية.

وتوصل العلماء إلى أن هناك ما بين ٦٠ - ٨٠ ألف جين فى الإنسان موجودة على ثلاثة وعشرين زوجا من الكروموسومات وتعرف المجموعة الكاملة للجينات باسم الجينوم البشرى، وقد تم اكتشاف أكثر من نصف هذه الجينات حتى الآن.

ترتب الكروموسومات حسب حجمها من رقم (١) إلى رقم (٢٣) ولا يخضع الكروموسوم (X) لهذا الترتيب ، فهو يلى الكرموسوم السابع فى الحجم ولكنه يرتب فى نهاية الكروموسومات ويحمل رقم (٢٣) ومن الجينات التى تم تحديدها على سبيل المثال ، جين البصمة والذى يقع على الكروموسوم الثامن، وجينات فصائل الدم تقع على الكروموسوم التاسع، والجين المسئول عن تكوين الأنسولين والجين المسئول عن تكوين الهيموجلوبين يقعان على الكروموسوم الحادى عشر وجين العمى اللونى وجين الهيموفيليا (سيولة الدم) يقعان على الكروموسوم(X)

مطابع روز اليوسف

وباستمرار البحث فى الجينوم البشرى ومعرفة تركيبه ، سنتمكن من تحديد هوية كل من الجينات التى تصنع الإنسان.

ويستفاد من الجينوم البشرى فى:

١- معرفة الجينات المسببة للأمراض الوراثية الشائعة والنادرة .

٢- معرفة الجينات المسببة لعجز الأعضاء عن أداء وظائف الجسم.

٣- الاستفادة من الجينوم البشرى فى المستقبل فى مجال صناعة العقاقير والوصول إلى عقاقير بلا آثار جانبية.

٤- دراسة تطور الكائنات الحية من خلال مقارنة الجينوم البشرى بغيره من جينات الكائنات الحية الأخرى.

٥- تحسين النسل من خلال تعرف الجينات المرضية فى الجنين قبل ولادته والعمل على تعديلها.

يمكننا الآن ومن خلال خلية جسدية أو حيوان منوى أن نحدد بدقة كل خصائص وصفات أى إنسان يعيش على الأرض ، فيمكن من خلال الجينوم البشرى أن نرسم صورة لكل شخص بكل ملامح وجه.

أسئلة

س١: اختر الإجابة الصحيحة :

١ - عند قياس نسبة القواعد النيتروجينية لحمض نووى فى كائن حى معين كانت النسبة كالآتى

T = 26%　　A = 20%　　G= 23%　　C = 31%

هذا الحمض النووى يكون:

أ- AND لولب مزدوج　　ب-AND شريط مفرد

جـ-ANRt　　د-ANRr

٢- تكون المادة الوراثية ANR فى :

أ-الفئران　　ب-القمح　　جـ-فيروس الإيدز　　د-البكتريوفاج

٣-الكودون هو ثلاث نيوكليوتيدات متتالية على:

أ-AND　　ب-ANRm　　جـ- ANRt　　د-ANRr

٤-إذا كانت الشفرة ثلاثية فالاحتمالات المختلفة لكودونات الأحماض الأمينية تكون

أ-$٣^{٣}$　　ب-$٤^{٣}$　　جـ-$٣^{٤}$　　د-$٤^{٢}$

٥-عديد ببتيد يتكون من ١٢ حمض امينى ، أقل عدد من النيكلوتيدات المكونة mRNA تكون:

أ- ١٢　　ب-٢٤　　جـ-٣٦　　د-٩٦

س٢: هذا الشكل يوضح جزء من شريط DNA

3´ ——————————————— 5´

A A A T T C C G A T T T A C

أ-اكتب تتابعات الشريط المتكامل معه.

ب-اكتب تتابعات ANRm .

جـ-احسب نسبة $\frac{A+C}{T+G}$ من اللولب المزدوج

مطابع روز اليوسف

س٣: جين (X) يتكون من ١٥٠ زوج من النيكلوتيدات ، كم عدد الأحماض الأمينية التى تدخل فى تكوين البروتين الناتج؟

س٤: بتحليل المادة الوراثية للفيروس أعطى النتائج التالية الخاصة بنسبة القواعد النيتروجينية به

G=32%　　U=18%　　C=32%　　A=18%

ما نوع الحمض النووى الذى يملكه هذا الفيروس؟ولماذا؟

س٥: فى البكتيريا ت تم عملية النسخ وعملية الترجمة فى آن واحد ، بسبب عدم وجود غشاء نووى يحيط بالمادة الوراثية.

أ-العبارتان صحيحتان وتوجد علاقة بينهما.

ب-العبارتان صحيحتان ولا توجد علاقة بينهما.

جـ-العبارتان خاطئتان.

د-العبارة الأولى صحيحة والثانية خاطئة.

هـ-العبارة الأولى خاطئة والثانية صحيحة.

س٦: أى من العبارات التالية غير صحيح، ولماذا؟

١ - لا تلتحم تحت وحدتى الريبوسوم إلا أثناء ترجمة mRNA إلى البروتين المقابل.

٢ - تتم عملية ترجمة mRNA من خلال ريبوسوم واحد فقط.

٣ - تملك الميتوكوندريا والريبوسومات DNA .

٤ - عدد أنواع tRNA يساوى عدد أنواع العشرين حمض أمينى.

٥ - الجين هو عبارة عن البروتين الذى يحدد ظهور الصفة الوراثية.

س٧: علل لما يأتى:

١-شريط DNA يكون أحدهما فى وضع معاكس للآخر.

٢-تلعب إنزيمات الربط دورا هاما فى الثبات الوارثى للكائنات الحية.

٣-المحتوى الجينى للسلمندر يعادل ٣٠ مرة المحتوى الجينى للإنسان، ومع ذلك يعبر عن عدد أقل من الصفات.

٤-قدرة بعض البكتيريا على تحليل DNA الفيروسى .

٥-وجود شفرة أنزيم النسخ العكسى فى الفيروسات التى محتواها الجينى .RNA

٦- تعتبر الشفرة الوراثية دليلا على حدوث التطور.

٧- الفيروسات سريعة الطفرات.

٨- يتم بناء الآف من الريبوسومات فى الساعة .

٩- لا تتم ترجمة ذيل عديد الأدينين على mRNA إلى أحماض أمينية .

١٠- تختلف البروتينات رغم تشابه الوحدات البنائية لها.

س٨: ما المقصود بكل من:

البلازميد- عديد الريبوسوم - عامل الاطلاق - الجينوم البشرى -الشفرة الوراثية - مضاد الكودون -كودون البدء - كودون الوقف.

س٩: اختر من العمود (ب) ما يناسب عبارات العمود (أ):

(أ)	(ب)
١- أنزيم ديوكس ريبونيوكليز	أ-يعمل على اصلاح عيوب DNA
٢- أنزيم اللولب	ب-يفصل شريطى DNA عن بعضهما
٣- أنزيم بلمرة DNA	جـ-يعمل على تحليل DNA تحليلا كاملا
٤- أنزيم النسخ العكسى	د-يعمل على كسر DNA فى أماكن محددة
٥- أنزيمات الربط	هـ-يضيف نيوكلوتيدات جديدة فى اتجاه ٣
٦- أنزيمات القصر	و-ينسخ mRNA من DNA
٧- أنزيم بلمرة RNA	ز- ينسخ DNA من RNA

س١٠: قارن بين:

أ-نيوكلوتيدة DNA ، ونيوكليوتيدة RNA

ب-DNA فى أوليات النواه وDNA فى حقيقيات النواه.

جـ-البروتينات التركيبية والبروتينات التنظيمية.

د-DNA المهجن و DNA معاد الاتحاد.

س١١: تمت معظم الدراسات الخاصة بكشف مادة الوراثة الحقيقية باستخدام الفيروسات والبكتيريا ، فسر إحدى هذه التجارب التى استخدم فيها الفيروس والبكتيريا لاثبات أن مادة الوراثة هى DNA وليس البروتين .

س١٢: ما أهمية الجينوم البشرى؟

س١٣: وضح باختصار خطوات تكوين البروتين بدأ من نسخ المعلومات الوراثية.